seu funcionamento só pode ser assegurado pelos métodos de adição de polifosfato ou de ácido.

a temperatura da água de alimentação desde que não haja ebulição (fig. 2).

Podemos portanto aumentar a temperatura de

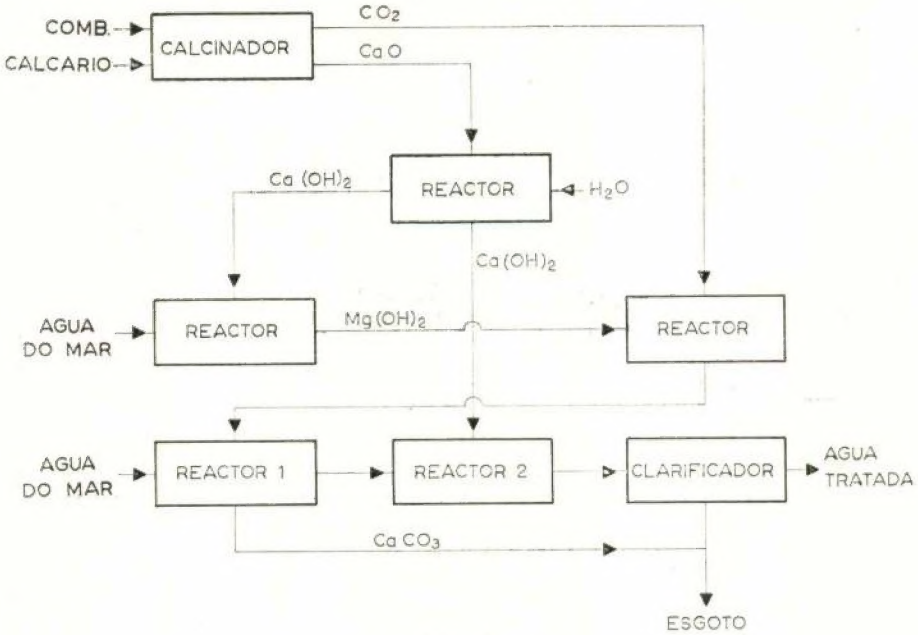


Fig. 6

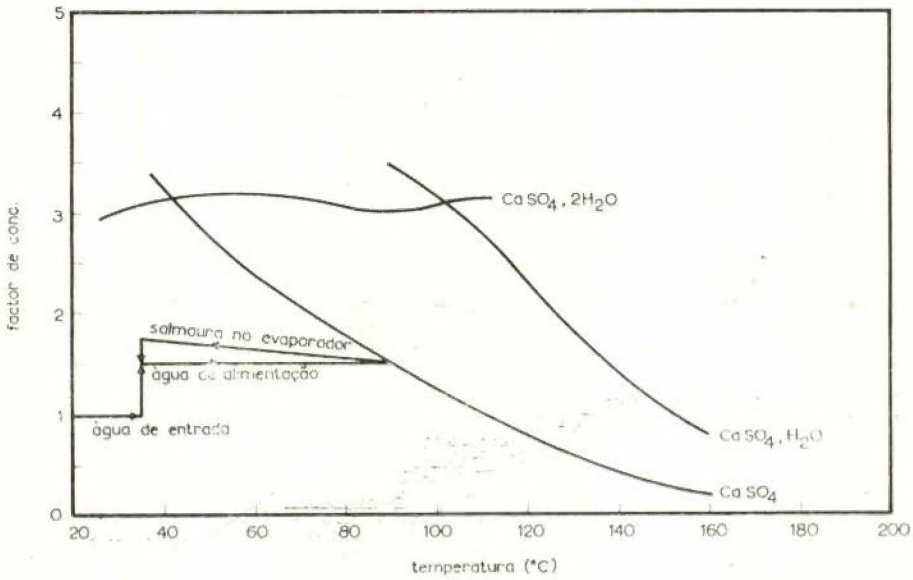


Fig. 7

Com o primeiro a temperatura só pode subir até ao limite de decomposição dos polifosfatos mas com o segundo verificou-se que a adição de ácido, numa quantidade igual à estaquiomètricamente necessária para fazer decompor todo o bicarbonato, seguida de desarejamento vai retardar a formação de anidrite pelo que é possível elevar

alimentação o que vai aumentar o intervalo de vaporização ainda mais.

A fim de poder avaliar a possibilidade de haver incrustações na unidade durante o funcionamento normal é vulgar fazer-se a sobreposição dos diagramas de concentração — temperatura na unidade e de solubilidade.

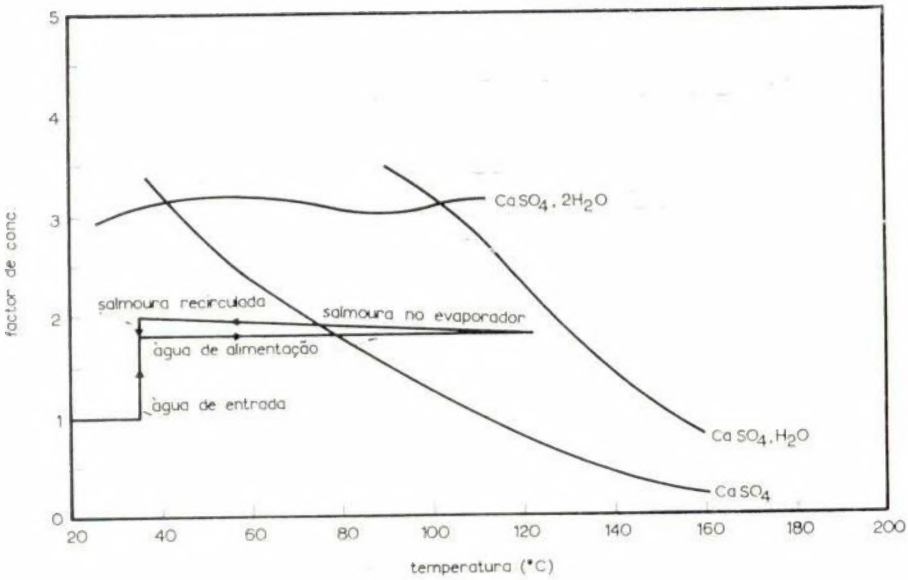

factor de conc.
temperatura (°C)
$CaSO_4 . 2H_2O$
salmoura recirculada
salmoura no evaporador
água de alimentação
água de entrada
$CaSO_4 . H_2O$
$CaSO_4$

Fig. 8

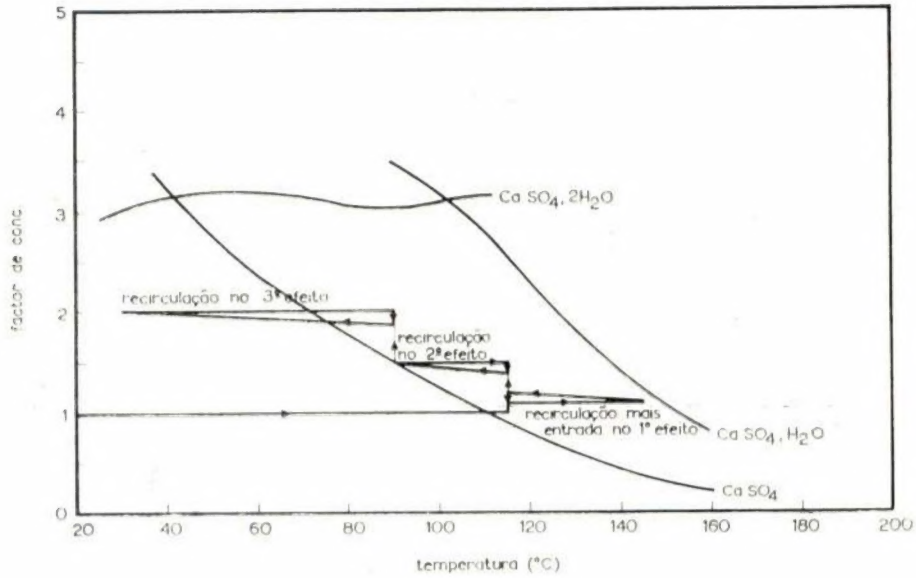

factor de conc.
temperatura (°C)
$CaSO_4 . 2H_2O$
recirculação no 3º efeito
recirculação no 2º efeito
recirculação mais entrada no 1º efeito
$CaSO_4 . H_2O$
$CaSO_4$

Fig. 9

A figura 7 mostra essa sobreposição no caso dum evaporador MSF onde a água de alimentação é tratada com polifosfatos (Hagevap).

Na figura 8 o evaporador é também do tipo MSF mas o tratamento da água de alimentação faz-se por adição de ácido sulfúrico.

Na figura 9 temos um evaporador MEMSF (Multi Effect Multi Stage Flash) com tratamento ácido (3 efeitos).

Na figura 10 temos um evaporador LTV com tratamento ácido (12 andares) [18] [34].

O controlo visual é ainda do melhor processo de avaliar a quantidade de incrustações, mas graças aos gráficos estabelecidos nas figuras anteriores estão em desenvolvimento métodos baseados nos coeficientes de transmissão de calor.

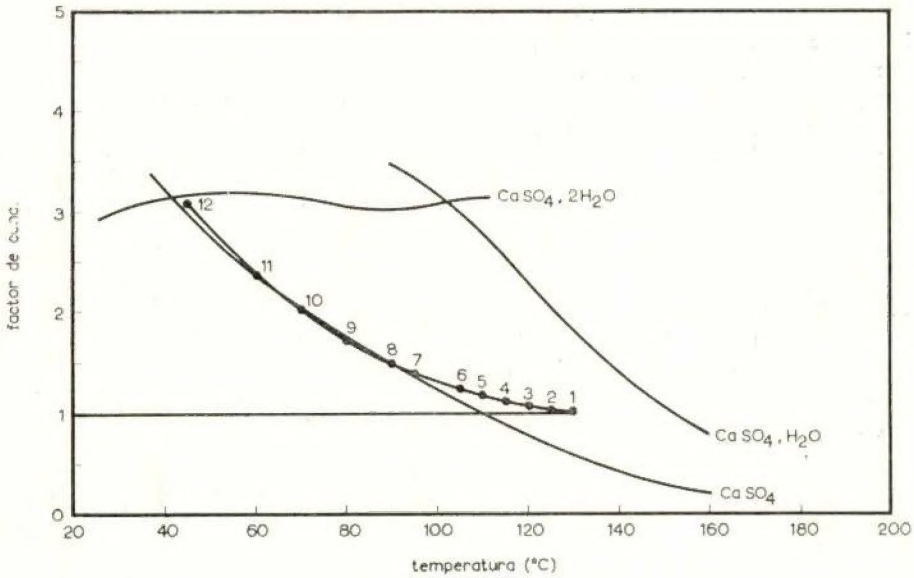


Fig. 10

BIBLIOGRAFIA

[1] — STARNER & Col. — «Problems Likely to Be Encountered in the Design of Large Flash Distillation Plants», Second European Symposium on Fresch Water from the SEA, Atenas (1967), Paper 122: Desalination v. 3, n.º 2, (1967), pág. 343.

[2] — TODD — «The Corrosion of Materials in Desalination Plants», Desalination v. 3, n.º 1, (1967), pág. 106; «Some Comments on by BENNET & SUARTZENDRUBER», Desalination v. 4, n.º 3, (1968), pág. 389; «TODD's Reply», Desalination v. 4, n.º 3, (1968), pág. 391.

[3] — BOISDE & Col. — «Study of the Behaviour of Varioos Materials in SEA-Water up to 150° C», Simposium on Nuclear Desalination, Madrid (1968), Paper 23.

[4] — NEWTON & BIRKETT — «Summary Report on Survey of Materials Behaviour in Multistage Flash Distillation Plants», Desalination v. 6, n º 2, (1969), pág. 229.

[5] — POSEY & BOHLMANN — «Pitting of Titanium Alloys in Saline Waters», Desalination v. 3, n.º 2, (1967), pág. 269.

[6] — FEIGE — Corrosion Resistance of Titanium and its Alloys in Primary Water and Hot Brine Environments», Symposium on Nuclear Desalination, Madrid, (1968), Paper 25.

[7] — FEIGE & KANE — «Titanium for Sea Water Distillation Tubing», Puraqua, Roma (1969), Paper III C.

[8] — KONSTANTINOVA & SEMENOVA — «Corrosion of Mild Steel under Operating Conditions of a Distillation Desalting Plant», Desalination v. 5, n.º 1, (1968), pág. 90.

[9] — LANGELIER & Col. — «Causes and Prevention of Scale in Thermo — compression Equipement», Univ, of Calif. (Berkeley), IER Series n.º 4, (1950); Ind. Eng. Chem. v. 42, n.º 3, Março (1950), pág. 216.

[10] — JEBENS & DYKSTRA — «Advances in Sea Water Distillationn Processes», Chem. Eng. Prog. v. 61, n.º 8, Agosto, (1965) pág. 68.

[11] — FLINT & ELLIOT — Scale Formation in Sea Water Distillation Plants», Second European Symposium on Fresch Water from the Sea, Atenas (1967) Paper 37; Desalination v. 5, n.º 1, (1968), pâg. 5.

[12] — PARTRIDGE — «Formation and Proprieties of Boiler Scale», Ind. Eng. Chem. v. 31, n.º 10, Outubro (1929), pág. 834.

[13] — MULFORD & Col. — «Scale Control Methods at OSW Flash Evaporator Plant, San Diego, Calif », First International Symposium on Water Desalination, Washington (1965).

[14] — TIDBALL & WOODBURY — «Methods for Scale Control in Flash Sistems», First International Symposium on Water Desalination, Washington (1965).

[15] — STANDIFORD & SINEK — «Stop Scale in Sea Water Evaporators», Chem. Eng. Prog. v. 57, n.º 1, Janeiro (1961), pág. 58.

[16] — OTHMER — «Evaporation for Desalination: Scale Prevention and Removal», Desalination v. 1, n.º 2, Julho (1966), pág. 194.

[17] — ELLIOT — «The Present State of Scale Control in Sea Water Evaporators», UKAEA, AERE-R 5820 (1968).

[18] — McCUTCHAN & SIEDER — «Scale Control in Saline Water Evaporators: A Review of Current Status», Water 1968, Chem. Eng. Prog. Symposium (1968), pág. 255.

[19] — SOLOMON & ROLFE — «Polymers that Inhibit the Deposition of Calcium Sulphate: Some Interesting Condutance Observations», Desalition, v. 1, n. 4, Dezembro (1966), pág. 349.

[20] — ROLFE — «Polymers that Inhibit the Deposition of Calcium Sulphate: Some Interesting Condutance Observations», Desalination v. 1, n.º 4, Dezembro (1966), pág. 349.

[21] — SMITH — «Scale Prevention by Addytion of Polyelectrolytes», Second European Symposium on Fresh Water from the Sea, Atenas (1967) Paper 44, Desalination v. 3, n.º 3, (1967), pág. 263.

[22] — SIMPSON & HUTCHINSON — «Calcium Sulphate Seale Deposition in Sea Water Evaporators», Desalination v. 2, n.º 3, (1967), pág. 308.

[23] — HASSON & Col. — «Calcium Scale Deposition on Heat Transfer Surfaces», Ind. Eng. Chem. Fundamentals v. 7, n.º 1, (1968), pág. 59; Desalination v. 5, n.º 1, (1968), pág. 107.

[24] - LU & FABUSS — «Calcium Sulphate Scaling in Saline Water Distillation», Ind. Eng. Chem., Proc. Des. & Dev. v. 7, n.º 2, (1968), pág. 207.

[25] — BLANCO & Col. — «Calcium Sulphate Scaling Control by Means of Electrolysis», O.R.N.L — 4057 (1967).

[26] — CADWALLADER — «Carbon Dioxide: The Key to Econominal Desalination», Ind. Eng. Chem. v. 59, n.º 10, Outubro (1967), pág. 42.

[27] CHERNUZUBOV & Col. — «Prevention of Scale Formation in Distillation Desalination Plants by Means of Seeding», First International Symposium on Water Desalination, Washington (1965) Desalination v. 1, n.º 1, Abril (1966), pág. 50).

[28] — HATCH & Col. — «Scale Control in the High Temperature Distillation of Saline Waters by Means of Fluidized-Bed Heat Exchangers», Desalination v. 1, n.º 2, Julho (1966), pág. 156.

[29] — KUNZ — «Ion Exchange pre-Treatment for Sea Water Desalination Plants», Desalination v. 3, n.º 2, (1967), pág. 363.

[30] — KLEIN & Col. — «Calcium Removal from Sea Water by Fixed-Bed Ion Exchange», Desalination v. 4, n.º 2, (1967), pág. 158.

[31] — ENNIS & SIEDER — «Desulfating: A Pre-Treatment for Desalting Plant Feed Water», Puraqua, Roma (1969), Paper III B.

[32] — GLUECKAUF & Col. — Sea Water Softening by Osmosis through Desalting Membranes», Second European Symposium on Fresh Water from the Sea, Atenas (1967) Paper 64; Desalination v. 3, n.º 2, (1967), pág. 363.

[33] — DUNSETH & SALUTSKY — «Removal of Scale Formiug Elements from Sea Water» Ind. Eng. Chem; v. 56, n.º 6, Junho (1964), pág. 56.

[34] — TIDBALL & GAYDOS — «High Temperature Desalination Plants for Nuclear Power Stations». Symposiun on Nuclear Desalination, Madrid (1968, Paper 26.

[35] — GEORGE & Col. — «Preliminary Process Development Studies for Desulfating Great Salt Lake Brines and Sea Water — U.S. Dep. of the interior, Bureau of Mines RI 6928 (1967).

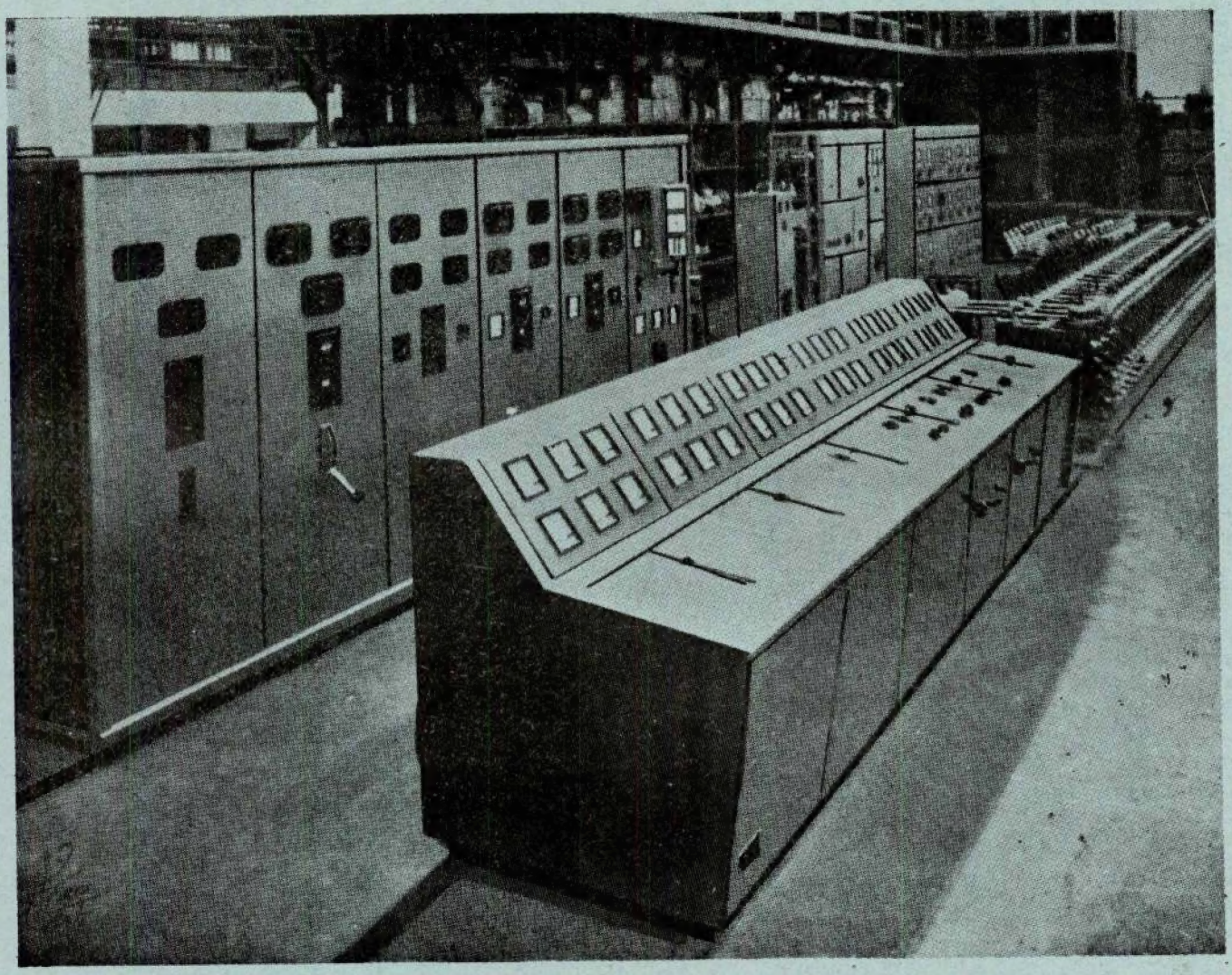
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

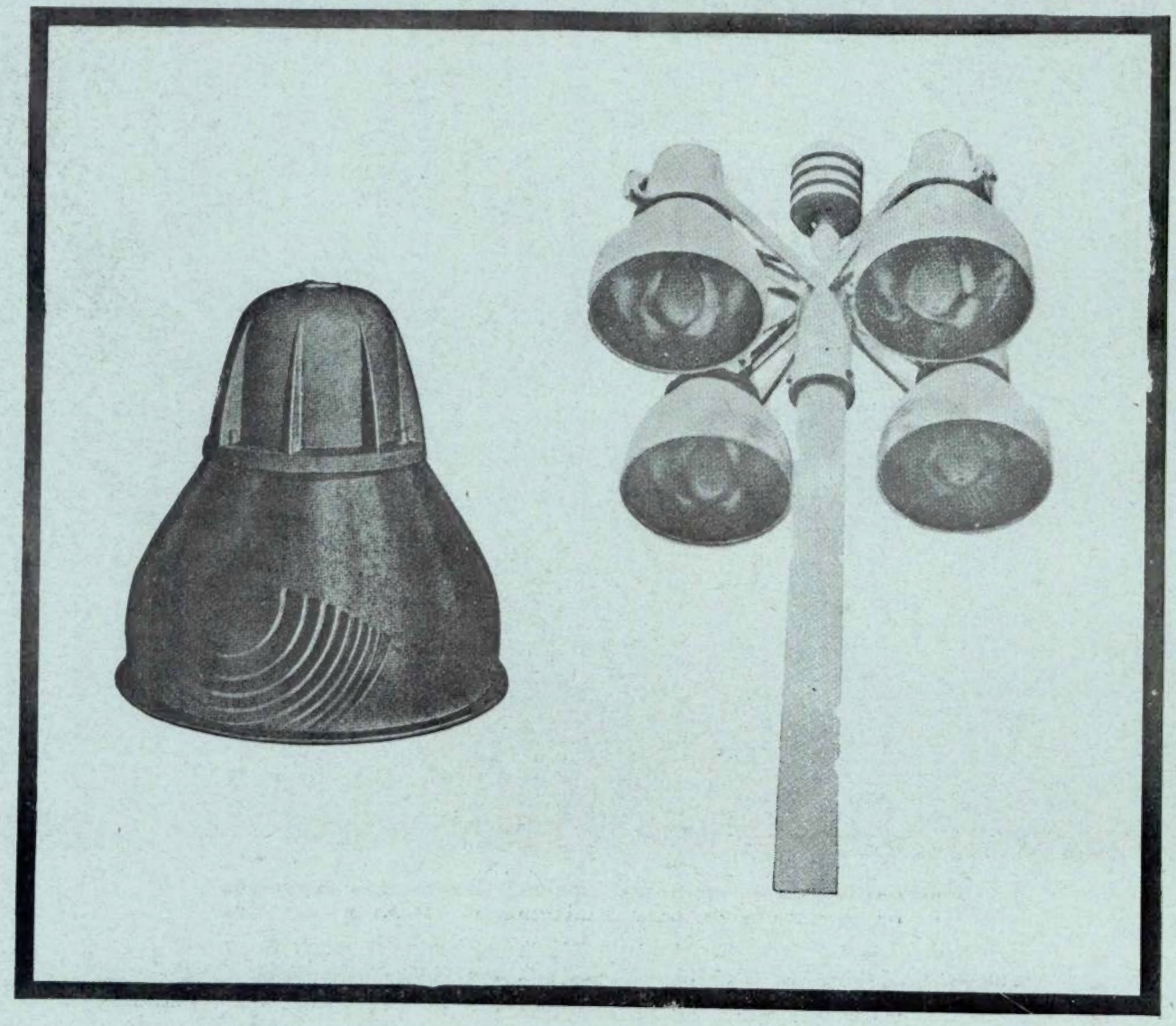


Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

ARMADURA DE ILUMINAÇÃO

TIPO **PQ**



Montagem decorativa.

Elevado rendimento luminoso.

Ausência de cuidados de manutenção graças à construção integral em alumínio preparado para resistir à corrosão.

Acesso sem ferramenta a todos os órgãos.

CONSTRUÇÕES ELÉCTRICAS SCHRÉDER, LDA.

P. JOSÉ FONTANA, 25 - LISBOA 1 - Telef. 56 10 01

C. D. U. 532.532.001.57

ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO DO FECHO DO RIO ZAMBEZE EM CABORA-BASSA

por BARRADAS LEITÃO

Eng. Civil, Estagiário para Especialista do Serviço de Hidráulica do LNEC.

RESUMO

São apresentados os resultados de um estudo efectuado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil por solicitação do Ministério do Ultramar.

O rio é fechado por meio de dois maciços de enrocamento que se fazem avançar a partir das margens perpendicularmente à corrente até se encontrarem no eixo do rio. À medida que se processa o fecho, o caudal natural, da ordem dos 2000 m³/s, é desviado por duas galerias, uma em cada margem. Foram consideradas duas soluções alternativas, diferindo entre si pela posição altimétrica das galerias.

Os ensaios hidráulicos mostraram que com uma das soluções de desvio era preciso utilizar blocos com 9 toneladas de peso, enquanto com a outra solução bastavam blocos com cerca de 1 tonelada.

SYNOPSIS

The author presents the results of a study carried out at the «Laboratório Nacional de Engenharia Civil» in behalf of the Ministry of Overseas.

The river is closed up by means of two rock dykes which progress from the banks at right angle with the current until they meet at the axis of the river. As the river is being closed, the natural flow of about 2,000 m³/s is diverted through two galleries one on each bank. Two alternative solutions were studied which differ one from the other on account of the elevations at which the galleries were driven.

The hydraulic tests showed that for one of the solutions blocks 9 ton in weight are required where as for the other only blocks of about 1 ton will be sufficient.

1 — INTRODUÇÃO

Por solicitação do Ministério do Ultramar, procedeu a Divisão de Estruturas Hidráulicas do Serviço de Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil ao estudo hidráulico em modelo reduzido do projecto das obras de desvio do aproveitamento de Cabora-Bassa, concebido pela Hidrotécnica Portuguesa. Esse estudo incluía o problema do fecho do rio com enrocamento. Como se trata de uma operação a realizar em circunstâncias pouco comuns, julgou-se de interesse a sua divulgação por intermédio do presente trabalho. Neste, descrevem-se os ensaios e apresentam-se os resultados do estudo em modelo reduzido e faz-se, ainda, uma análise teórica sobre a validade da extrapoloção para o protótipo.

2 — AS OBRAS DE DESVIO DE CABORA-BASSA

Em consequência das características hidrológicas do rio Zambeze e das características do local, as obras de desvio provisório para a construção do aproveitamento de Cabora-Bassa foram projectadas de modo a assegurarem o desvio dos caudais naturais durante grande parte do ano, admitindo-se que na época de cheias, em que os caudais são avultados, se dê a inundação do local de trabalhos.

O caudal máximo a desviar foi fixado em 3000 m³/s, o que garante, com uma probabilidade

Fig. 1 — Vista geral do local do aproveitamento de Cabora-Bassa, em época seca

elevada, um período de trabalho de 8 meses consecutivos em cada ano (*). A barragem será construída em dois destes períodos de trabalho.

(*) Posteriormente foi encarada uma nova solução em que o caudal máximo a desviar foi fixado em 4500 m³/s.

As obras de desvio previstas constam de duas galerias, uma em cada margem, e duas ensecadeiras de enrocamento com núcleo impermeável. O fecho do rio, com o consequente funcionamento das galerias de desvio, servirá para facilitar a construção das ensecadeiras.

Para a implantação das galerias, que não são revestidas e têm secção em ferradura com diâmetro de 13 metros no círculo base, foram consideradas duas soluções alternativas. Na primeira solução, as galerias desviam o caudal de dimensionamento de 3000 m^3/s com superfície livre. Na segunda solução, o mesmo caudal é desviado com as galerias a funcionarem em pressão. O problema do fecho do rio foi estudado para ambas as soluções.

3 — O PROCESSO DE FECHO DO RIO

O fecho do rio será efectuado fazendo progredir simultâneamente dois prismas de enrocamento a partir de ambas as margens até as suas frentes de avanço se encontrarem no eixo do rio. O lançamento de material será efectuado à cota 214 na primeira solução de desvio e à cota 210 na segunda solução; o fundo do vale situa-se aproximadamente à cota 180.

O fecho será realizado num período de águas baixas e de decrescimento de caudais, admitindo-se que seja iniciado com um caudal no rio de cerca de 2500 m^3/s. O valor médio do caudal a desviar foi fixado, com base nos dados hidrológicos, em 2000 m^3/s.

Em virtude da existência de um caudal tão elevado, torna-se necessário utilizar material de grandes dimensões, para não ser arrastado por acção da corrente. O peso mínimo que os blocos devem ter para não serem arrastados varia ao longo do processo de fecho, havendo todo o interesse em definir de antemão um programa de lançamentos de material com as dimensões estritamente necessárias para cada fase do fecho do rio; era este um dos objectivos dos ensaios, além do de se fazer a comparação dos resultados para as duas soluções de desvio.

Durante o fecho, o caudal afluente Q vai repartir-se em três caudais parciais, a saber: o caudal Q_d que é desviado pelas galerias; Q_p que atravessa os maciços por percolação; e o caudal Q_b que se escoa através da brecha constituída entre as frentes de avanço dos maciços.

À medida que se vai processando o estrangulamento da secção natural pelo avanço dos maciços de enrocamento, o nível da água vai subindo a montante, aumentando o caudal desviado pelas galerias e o caudal de percolação e, consequentemente, diminuindo o caudal através da brecha. No final do fecho, como é evidente, não existe brecha, e os caudais Q_d e Q_p atingem os seus máximos valores.

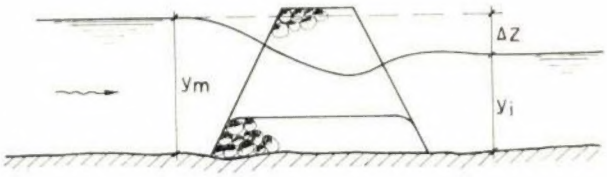


Fig. 2 — Perfil do escoamento durante o processo do fecho

Uma grandeza que pode traduzir, em primeira aproximação, a maior ou menor tendência do escoamento para arrastar o material dos maciços de enrocamento é a potência N dissipada pelo escoamento através da brecha e que é dada por:

$$N = \gamma Q_b \Delta z$$

Onde γ é o peso específico da água e Δz a diferença entre os níveis a montante e a jusante da pré-ensecadeira.

O valor N depende do produto de duas grandezas que tendem a variar em sentido contrário durante o processo de fecho: o desnível Δz que tende a aumentar e o caudal Q_b que tende a diminuir. Deste modo, a potência N cresce a partir de zero nas fases iniciais do fecho até atingir um máximo, passando a decrescer até se voltar a anular no momento final do fecho.

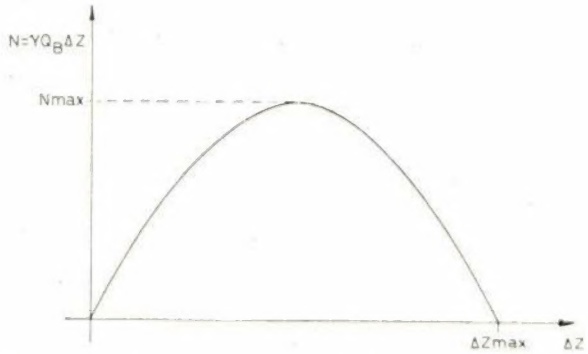


Fig. 3 — Variação da potência dissipada com o desnível da superfície livre

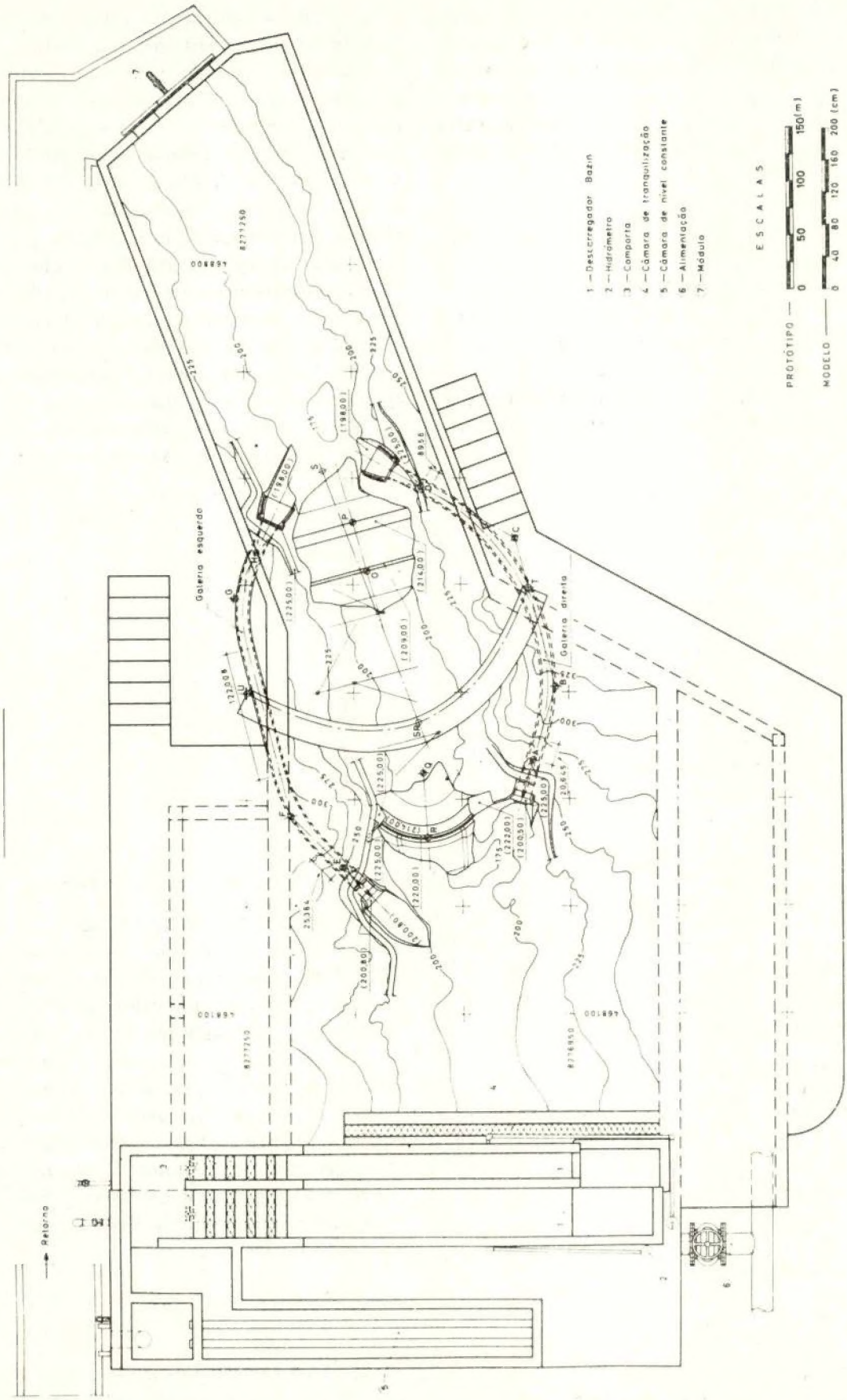


Fig. 4 — Esquema do modelo reduzido onde foram realizados os ensaios de fecho

É sensìvelmente no momento em que N atinge o seu valor máximo que existem as condições mais severas sob o ponto de vista do arrastamento do material. A experiência mostra que essa situação se verifica quando Δz tem um valor próximo de metade do seu valor máximo atingido no final do fecho.

4 — INSTALAÇÕES PARA O ESTUDO EXPERIMENTAL

Para a realização dos ensaios de fecho do rio foi construído um modelo reduzido reproduzindo à escala geométrica de 1:75 um troço do rio Zambeze, com cerca de 900 metros de comprimento, que inclui a zona onde será construída a barragem de Cabora-Bassa (*).

As condições aos limites foram satisfeitas instalando na secção terminal um módulo metálico devidamente calibrado para reproduzir a curva de vazão natural. Para se obter a semelhança das perdas de carga no rio, a rugosidade do terreno foi simulada colando brita sobre a superfície do modelo. Tanto a calibração do módulo como a semelhança das perdas de cargas foram obtidas por aproximações sucessivas.

Para se conseguir a semelhança das perdas de carga contínuas no escoamento dentro das galerias, houve que fazer um estudo prévio em relação à rugosidade adequada a introduzir na sua superfície interior. Para tal foi construído um modelo auxiliar, que se apresenta em esquema na Fig. 5.

O estudo foi feito com um troço recto de galeria, no qual se faziam escoar diversos

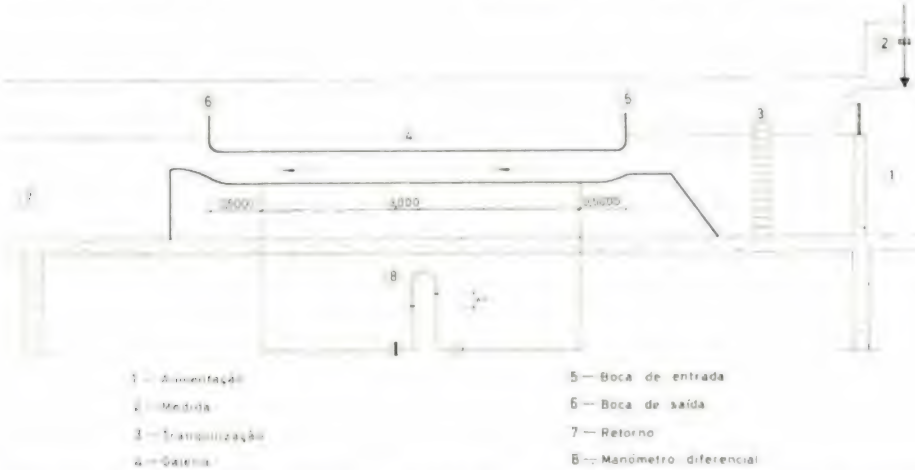


Fig. 5 — Esquema do modelo auxiliar para obtenção da semelhança de perdas de carga contínuas nas galerias

Dado que o escoamento natural se faz com superfície livre, o modelo foi explorado segundo as leis de semelhança de Froude. Daí resultou que à escala geométrica $\lambda_L = 75$ correspondiam as outras escalas seguintes:

Escala de áreas	$\lambda_S = \lambda_L^2 =$	5 625
Escala de volumes	$\lambda_\forall = \lambda_L^3 =$	421 875
Escala de tempos	$\lambda_T = \lambda_L^{1/2} =$	8,66
Escala de velocidades	$\lambda_V = \lambda_L^{1/2} =$	8,66
Escala de caudais	$\lambda_Q = \lambda_L^{5/2} =$	48 710
Escala de forças	$\lambda_F = \lambda_L^3 =$	421 875
Escala de pressões	$\lambda_P = \lambda_L =$	75

(*) O modelo destinava-se não só ao estudo das obras de desvio como, mediante ampliação em altura, ao estudo dos órgãos de descarga da barragem.

caudais e medindo-se as perdas de carga com um manómetro diferencial. Essas perdas de carga eram depois comparadas com as calculadas teòricamente com base no valor do coeficiente de Strickler $K_s = 35$ indicado no projecto.

Para introduzir a rugosidade necessária no interior da galeria, optou-se pela solução de colar areia de granulometria definida com uma distribuição uniforme. Foram experimentadas diversas granulometrias até se obter no modelo perdas de carga equivalentes às calculadas. Essa rugosidade foi então reproduzida nas galerias no modelo principal.

5 — GRANULOMETRIAS DO MATERIAL UTILIZADO NOS ENSAIOS

Para a reprodução dos maciços de enrocamento nos ensaios de fecho do rio Zambeze, dispu-

nha-se de granito de peso específico compreendido entre 2,65 e 2,70 t/m³. As amostras de rocha extraídas da zona do aproveitamento de Cabora-Bassa apresentavam valores de peso específico compreendidos entre 2,67 e 3,25 t/m³, referindo-se este último apenas a uma amostra. Deste modo, o peso específico do enrocamento do modelo, que teòricamente deveria ser igual ao do protótipo, era na realidade um pouco inferior, o que, no entanto, conduz a resultados do lado da segurança sob o ponto de vista da resistência dos blocos ao arrastamento pela corrente.

Foram constituídas seis granulometrias ou gamas de material, procurando-se na sua obtenção seguir o mais possível as indicações dadas no projecto. A composição dessas gamas, exprimindo o seu peso em valores do protótipo, era a seguinte:

GAMA I	25 % de blocos de 0,01 a 0,1 ton 50 % de blocos de 0,1 a 0,2 ton 25 % de blocos de 0,2 a 0,4 ton
GAMA II	50 % de blocos de 0,4 a 0,7 ton 50 % de blocos de 0,7 a 1,2 ton
GAMA III	60 % de blocos de 1,2 a 1,7 ton 40 % de blocos de 1,7 a 3,3 ton
GAMA IV	40 % de blocos de 1,7 a 3,3 ton 60 % de blocos de 3,3 a 5,8 ton
GAMA V	— 100 % de blocos de 5,8 a 9,2 ton
GAMA VI	— 100 % de blocos de 9,2 a 13,7 ton

6 — A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Nos ensaios, o fecho do rio era iniciado fazendo escoar no rio o caudal 2500 m³/s em regime permanente e começando a estrangular a secção prèviamente estabelecida, por meio do lançamento de gama I nas margens. Quando se começava a verificar, por acção da corrente, o arrastamento sensível do material lançado, baixava-se o caudal para 2000 m³/s, valor que não era mais alterado até ao final do fecho. Prosseguia-se, então, com o lançamento de gama I até esta ser de novo arrastada, passando-se depois a lançar gama II e assim sucessivamente.

O material era lançado simultâneamente nas duas margens por dois operadores e a um ritmo suficientemente moderado para não haver influência da velocidade de lançamento nos resultados obtidos. Para reproduzir o mais fielmente possível as condições do protótipo, o material era descarregado por meio de dois pequenos camiões aproximadamente à escala do modelo.

No final de cada fase de lançamento, correspondente ao lançamento de uma dada gama de material, fazia-se o levantamento da superfície livre do escoamento e determinavam-se velocidades com um tubo de Pitot. Em seguida interrompia-se o escoamento para se fazer o levantamento do maciço. Esta operação, bem como a de refazer o escoamento para o prosseguimento do ensaio, era realizada com o máximo cuidado a fim de evitar a ocorrência de possíveis derrocadas.

Realizaram-se cinco ensaios de fecho, sendo os quatro primeiros com as galerias da primeira solução de desvio e o último com as galerias da segunda solução.

Os lançamentos de material efectuavam-se da cota de coroamento dos maciços de fecho, respectivamente 214 e 210 nas duas soluções. Em ambos os casos a largura do coroamento dos maciços era de 15 metros.

Sob o ponto de vista da realização dos ensaios, surgiu a dificuldade de definir o momento em que se devia dar por terminada uma fase de lançamento. Pràticamente desde o início de cada fase se verificava que, embora a maioria do material descarregado permanecesse no local para onde era lançado, havia sempre alguns elementos que eram arrastados pela corrente vindo a estacionar a jusante e dando origem à formação de uma acumulação ou língua de material no pé dos maciços. A percentagem de material arrastado tendia a aumentar com o prosseguimento do fecho até que se decidia passar à fase seguinte do lançamento. Contudo não foi possível caracterizar objectivamente esta mudança que ficava ao critério do experimentador.

Os ensaios mostraram que o melhor processo de fazer progredir os maciços era efectuando os lançamentos junto aos vértices de montante das respectivas frentes de avanço. Fàcilmente se compreende que assim fosse, se se tiver em conta a existência de fortes correntes de percolação que tinham saída na parte de jusante do talude de avanço dos maciços.

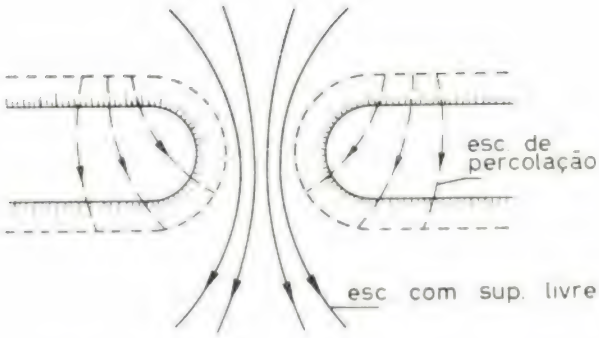


Fig. 6 — Esquema das linhas de corrente durante o processo de fecho

De notar que por vezes se verificavam derrocadas nas frentes de avanço dos maciços. Essas derrocadas eram uma consequência das modificações nas condições de equilíbrio dos maciços, quer devido ao lançamento do material, quer devido à contínua modificação das correntes de percolação e do escoamento através da brecha. Do material assim movimentado, parte depositava-se nos taludes da brecha, mas a maior parte ia alimentar a língua de jusante.

7 — RESULTADOS OBTIDOS

Dos quatro ensaios realizados com a primeira solução de desvio o n.º 1 e o n.º 3 não o foram de modo satisfatório.

O ensaio n.º 1 foi efectuado apenas com o fim de apurar a técnica de execução dos operadores, pois tratava-se de um tipo de ensaios nunca realizado anteriormente no LNEC. No ensaio n.º 3, durante a fase 4 de lançamento de material, os maciços de enrocamento foram inflectidos para montante, num ângulo de 30° com a direcção inicial, que era perpendicular ao escoamento. Esperava-se que deste modo talvez se pudesse fechar o rio sem recorrer às gamas de material de maiores dimensões, mas os resultados obtidos de modo nenhum confirmaram esta expectativa.

Fig. 7 — Aspecto do fecho do rio durante a realização do ensaio n.º 2

O ensaio n.º 2 foi realizado com um consumo total de material correspondente a um volume de 112 700 m³ de enrocamento no protótipo; na fase crítica do fecho foi utilizada gama V (5,8 a 9,2 ton). No ensaio n.º 4 houve um consumo equivalente a 96 500 m³ de enrocamento, tendo-se utilizado gama VI (9,2 a 13,7 ton) durante a fase crítica.

Material consumido nos ensaios de fecho para a solução de desvio com superfície livre

Fase de lançamento	Gama de material utilizada	Volume consumido (m³)	
		Ensaio n.º 2	Ensaio n.º 4
1	Gama I (0,01 a 04 ton)	71 500	47 700
2	Gama II (0,4 a 1,2 ton)	13 900	7 600
3	Gama III (1,2 a 3,3 ton)	8 900	7 000
4	Gama IV (1,7 a 5,8 ton)	5 700	7 600
5	Gama V (5,8 a 9,2 ton)	12 700	4 200
6	Gama VI (9,2 a 13,7 ton)	—	12 700
7	Gama VII (5,8 a 9,2 ton)	—	9 700

A diferença essencial na realização destes dois ensaios, residiu no facto de no n.º 2 se ter permitido um certo desenvolvimento da língua de jusante, à custa das gamas de menores dimen-

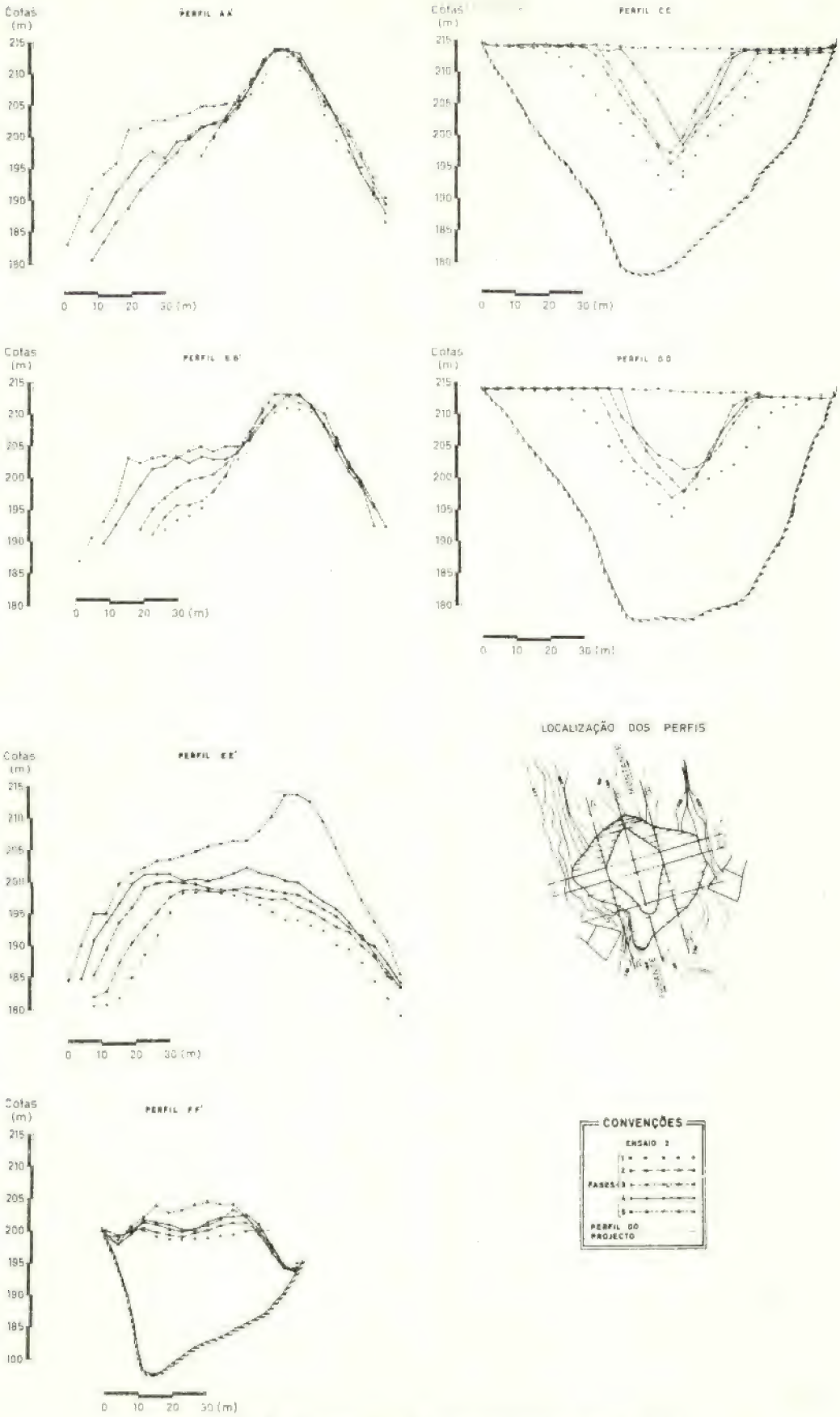


Fig. 8 — Perfis dos maciços de enrocamento no ensaio n.º 2 com a primeira solução de desvio

sões. A língua de maior comprimento contribui para uma maior dissipação de energia permitindo que o rio seja fechado com blocos de menores dimensões, mas em contrapartida exige um maior consumo de enrocamento. Na realidade, até seria possível fechar o rio apenas com gama I, por exemplo, mas isso seria conseguido à custa de um volume exagerado de enrocamento.

O quadro anterior indica a forma como foram escalonados os lançamentos das diversas gamas durante a realização dos ensaios n.º 2 e n.º 4. Em ambos os ensaios obteve-se um caudal de percolação, no final do fecho, da ordem dos 500 m^3/s.

No ensaio n.º 5, realizado com a solução de desvio em pressão, o rio foi fechado com gama II (0,4 a 1,2 ton) sem que a língua formada assumisse grandes proporções.

A pré-ensecadeira ficou com um volume total de 72 000 m^3, a que correspondem 56 000 m^3 de gama I e 16 000 m^3 de gama II.

No final do fecho, o caudal de percolação era de cerca de 250 m^3/s.

8 — A EXTRAPOLAÇÃO PARA O PROTÓTIPO DOS RESULTADOS DO MODELO

Dado que não são abundantes as informações acerca deste tipo de trabalho, põe-se o problema de saber até que ponto os resultados obtidos no modelo podem ser extrapolados para o protótipo, isto é, trata-se de saber em que medida o processo do fecho do rio com enrocamento obedece às leis de semelhança de Froude.

Para tal convém analisar separadamente dois aspectos diferentes do problema, se bem que na realidade eles estejam interligados. O primeiro aspecto diz respeito à maneira como, ao longo do processo de fecho, o caudal afluente se vai repartir pelas galerias de desvio, pela brecha e por percolação através dos maciços, de modo a satisfazer contìnuamente a equação: $Q = Q_d + Q_b + Q_p$. O outro aspecto está relacionado com a resistência ao arrastamento pela corrente apresentada pelos blocos utilizados no fecho.

No respeitante aos escoamentos no vale natural e dentro das galerias, como são feitos em regime turbulento rugoso tanto no protótipo como no modelo e desde que se assegurou de forma empírica a reprodução da rugosidade, não há dúvidas sobre a validade das leis de semelhança de Froude. Em relação aos escoamentos na secção estrangulada, seja pela brecha seja por percolação, já o problema não se apresenta com a mesma clareza.

Quanto ao escoamento através da brecha, dado que também se efectua em regime turbulento rugoso tanto no protótipo como no modelo, é fácil de concluir (desde que se despreze a influência da rugosidade no coeficiente de vazão, que é na realidade muito pequena) que as leis de semelhança de Froude ficam satisfeitas desde que, em cada fase do fecho, os níveis de água a montante e a jusante e a geometria da brecha sejam homólogos no modelo e no protótipo. Ora a forma que a brecha vai adquirindo durante o processo de fecho depende, para além das características do escoamento, da forma como são efectuados os lançamentos e das características do material. É evidente que nunca é possível obter uma rigorosa homologia entre os lançamentos do modelo e do protótipo, mas na realização dos ensaios foram tomados os cuidados necessários para que este factor tivesse a menor influência possível nos resultados obtidos. Quanto às características do material constituinte de um maciço de enrocamento sujeito à acção de uma corrente, a que mais interessa, sob o ponto de vista da sua configuração de equilíbrio, é, além do peso específico submerso, o ângulo do talude natural. Ora este ângulo, que depende da forma e das dimensões do material, é um pouco menor para a brita utilizada nos ensaios do que para os blocos naturais correspondentes (*). Deste modo os maciços do modelo tendem a apresentar paramentos mais suaves que os do protótipo; a brecha do modelo tem maior abertura e a um mesmo desnível entre montante e jusante corresponde o escoamento de um caudal mais elevado.

Passando a analisar o escomento de percolação através dos maciços, há que referir primeiramente que as dimensões do material utilizado, quer no protótipo, quer no modelo, são suficientes para que não seja aplicável a bem conhecida lei de Darcy $V = ki$, que traduz uma variação linear das perdas de carga com a velocidade. Para o

(*) O ângulo de talude natural estava compreendido entre 30° e 35° para o material utilizado nos ensaios e deverá andar por volta dos 40° para o material a utilizar no protótipo.

TINTA

ANTI-CORROSIVA ESPECIAL

Para a pintura de:

DEPÓSITOS DE ÁGUA POTÁVEL E OUTROS
CALDEIRAS
MÁQUINAS
TURBINAS
ESTRUTURAS ABAIXO DOS PAVIMENTOS
ISOLAMENTOS DAS TUBAGENS
ESTRUTURAS METÀLICAS
MATERIAL CIRCULANTE
GUINDASTES
POSTES
PAVIMENTOS DE AÇO, FERRO, MADEIRA, TIJOLO, PEDRA E CIMENTO EXPOSTOS AO TEMPO, ETC.

GRANDE RESISTÊNCIA AO CALOR

REPRESENTANTE:

MENDES DE ALMEIDA

COMÉRCIO E INDÚSTRIA, S. A. R. L.

AV. 24 DE JULHO, 52 LISBOA-PORTUGAL TEL. 66 77 10

SKF

O maior fabricante mundial de rolamentos oferece-lhe agora, também outros produtos, dos quais destacamos:

Acoplamentos «KOPPERS»
Ferramentas de roscar
Grupos cónicos
Mangas de esferas «STAR»
Massa lubrificante
Material têxtil
Pontos rotativos
Redutores velocidade «SINCRON»
Retentores especiais «V-RING»
Retentores para indústria «RUBER»
Rodas e rodízios
Rolamentos de esferas, agulhas e roletes
Rótulas lisas
Tubos para condução de líquidos corrosivos incluindo água salgada
Variadores «SINCRON»

apoiados como sempre numa ASSISTÊNCIA TÉCNICA PERFEITA

SOCIEDADE SKF LIMITADA

Praça da Alegria, 66-A — LISBOA ★ R. Delfim Ferreira, 604 — PORTO
Telefones 36 23 01-2-3-4 Telefones 69 20 54-5-6-7-8

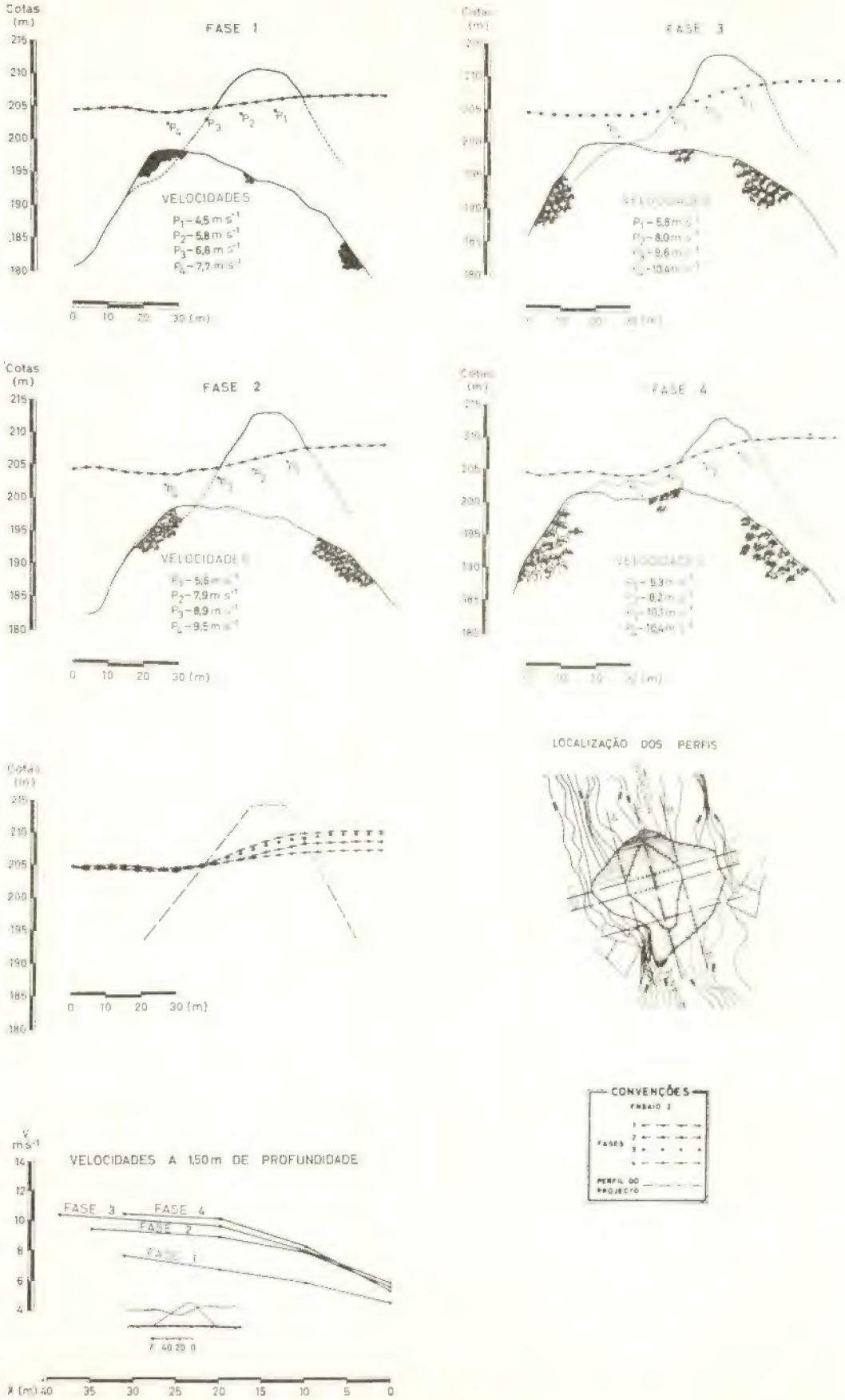


Fig. 9 — Velocidades e perfis da superfície livre no ensaio n.º 2 com a primeira solução de desvio

material do protótipo, com diâmetros bem superiores a 10 cm, é válida a fórmula Wilkins:

$$V = a\, r^{0,5}\, i^{0,51}$$

em que:

V = velocidade média real do líquido

$$r = \frac{\text{índice de vazios}}{\text{área superficial por unidade de volume}} =$$

= raio hidráulico do material

i = perda de carga unitária

a = coeficiente que depende da forma e rugosidade do material

Para o material com as dimensões do utilizado no modelo, nenhuma das leis anteriores é válida e a perda de carga deve variar com uma potência da velocidade compreendida entre 1 e 1,85. Por conseguinte, se existir uma perfeita homologia entre o material do modelo e do protótipo, no que respeita à granulometria, forma e rugosidade, a exploração do modelo de acordo com as leis de semelhança de Froude origina, para um dado desnível entre montante e jusante, um caudal de infiltração no modelo comparativamente menor do que o do protótipo. Note-se que a bibliografia consultada indica que normalmente os caudais de infiltração medidos nos protótipos são inferiores aos previstos pelos estudos em modelo reduzido, mas tal é antes devido ao facto de na prática não se conseguir uma perfeita homologia entre o material do modelo e do protótipo. Na verdade, há a tendência para utilizar no modelo granulometrias muito mais uniformes do que as protótipo, de que resultam maciços comparativamente mais permeáveis.

As considerações anteriores mostram que as dificuldades em se produzir rigorosamente os diversos escoamentos durante o processo de fecho resultam mais da variação de propriedades geométricas do material dos maciços do que pròpriamente de uma insuficiência das leis de semelhança adoptadas.

Resta analisar o fenómeno do arrastamento do material por acção da corrente. O problema tem evidente analogia com o do arrastamento de material solto no fundo de um canal, acerca do qual há diversos estudos publicados. A Análise Dimensional mostra que o fenómene pode ser descrito por uma relação funcional entre os parâmetros adimensionais $f = \frac{\tau_0}{(\gamma_1 - \gamma)\, D}$ o $R_e = \frac{V^* D}{\upsilon}$, desde que se tome a forma do material como um parâmetro (*). A experiência tem mostrado que para valores de R_e superiores a cerca de 1000 este parâmetro deixa de intervir, passando f a depender apenas da forma do material. Cálculos efectuados mostram que, no caso estudado tanto no protótipo como no modelo, é $R_e > 1000$, exceptuando os momentos finais irrelevantes no processo de fecho. Admitindo que o material utilizado no modelo tem uma forma idêntica ao do protótipo, pode-se, pois, concluir que o modelo é adequado para traduzir o fenómeno do arrastamento do material sob a acção da corrente.

Há que ter em atenção de que o haver ou não deslocamento de um bloco depende do equilíbrio entre o seu peso, a pressão dinâmica exercida pela corrente e as reacções normais e de atrito devidas aos blocos vizinhos; em primeira aproximação, pode dizer-se que o bloco não será arrastado se as forças de atrito forem suficientes para contrariar a pressão dinâmica. Ora não só a pressão dinâmica como as forças de atrito que se podem exercer sobre um determinado bloco dependem muito da sua posição em relação aos blocos vizinhos. Isto introduz um certo grau de indeterminação em relação ao problema de se saber se um dado bloco será ou não arrastado por um escoamento de características conhecidas (**). Dependendo as posições relativas dos blocos das leis do acaso, o fenómeno acaba por apresentar um carácter estatístico que permite,

(*) O significado das letras é o seguinte:

τ_0 — tensão tangencial limite para a qual se dá o arrastamento do material

γ_1 — peso específico do material

γ — peso específico da água

D — dimensão característica do material

$V^* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ velocidade de atrito

υ — viscosidade cinemática da água

(**) As variações turbulentas da pressão, sendo de natureza aleatória, também contribuem para essa indeterminação.

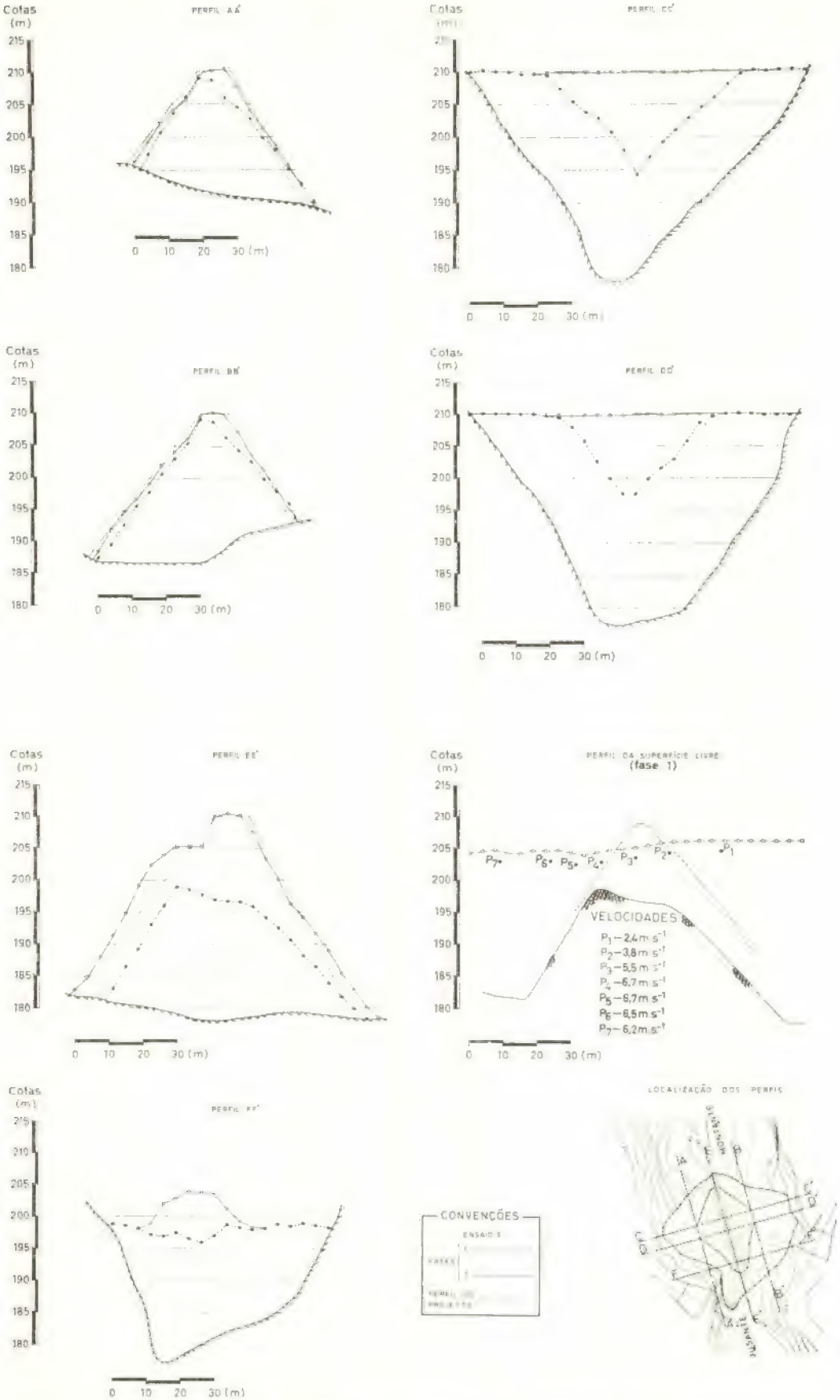


Fig. 10 — Perfis dos maciços de enrocamento e da superfície livre e velocidades no ensaio n.º 5 com a segunda solução de desvio

pelo menos teòricamente, definir qual a probabilidade de um bloco tem de ser arrastado, ou, então, qual a percentagem dos blocos lançados em determinada situação que vão ser arrastados. É subentendendo este carácter estatístico que se pode referir à semelhança do fenómeno do arrastamento de material no modelo e no protótipo.

9 — CONCLUSÃO

O estudo realizado mostrou grande vantagem da solução de desvio em pressão em relação à de desvio com superfície livre, pois, enquanto a primeira requer blocos com o peso máximo de 1,2 ton, para o fecho do rio, a segunda solução obriga a utilizar blocos de 9,2 ton, ou 13,7 ton, consoante se deixa desenvolver mais ou menos a língua de jusante. Essa vantagem parece ser suficiente para compensar os inconvenientes duma maior dependência dos níveis de vazão de montante em relação à curva de vazão de jusante, conhecida com alguma imprecisão, duma capacidade de vazão das galerias ligeiramente inferior para uma mesma cota de coroamento da ensecadeira de montante e do afogamento se dar por jusante, o que origina o aparecimento de fenómenos pneumáticos.

Com base nas considerações teóricas efectuadas e nas informações que se têm acerca deste tipo de ensaios, é de esperar que os resultados obtidos tenham a precisão normalmente requerida aos estudos hidráulicos em modelos reduzidos.

BIBLIOGRAFIA

BRIBIESCA e CRUICKSHANK — «Contribucion a la hidráulica del cierre de cauces» — Ingenieria, Enero 1963.

BLANCHET — «Formation et destruction par um courant d'eau de massifs en pierres» — Houille Blanche, n.º 2 1946.

V. CHOW — Open-channel Hydraulics, 1959.

ISBACH — «Construction of dams by depositing rock in running water». 2nd Int. Cong. Large Dams, 1936.

ISBASH e LEBEDEV — «Change of natural streams during construction of hydraulic structures». 9th Convention IAHR, 1961.

MARONE — Construzione di una tura mediante getto di materiale sciolto in una corrente» — L'Energia Elettrica n.º 6, 1964.

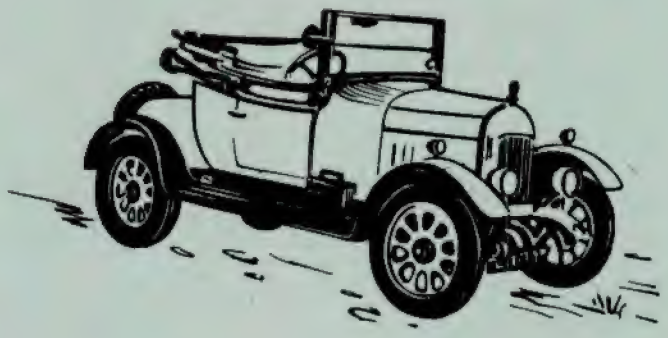
LAWSON, TROLLOPE e PARKIN — «Some hydraulic aspects of unconventional rockfill dams». Ist ACHFM, 1962.

OLIVIER — «Through and overflow rockfill dams — New design techniques» — Proc. I.C.E., vol. 36, Marh 1967.

SANDOVER e TALLIS — «Hydraulic stability of loose — tip cofferdams» — Water Power, Aug. 1966.

SHIELDS — «Application de la similitude et de l'étude de la turbulence au phénomene de charriage», 1936.

WILKINS — «Flow of water through rockfill and its application to the design of dams». New Zealand Engineering, 10, 1955.



OS VELHOS CALHAMBEQUES SÃO MAIS JOVENS DO QUE NÓS

Durante meio século respondemos sempre às exigências da Indústria Automóvel.

E quanto ela evoluíu...

Mais leves, de linhas mais funcionais, de maior potência, e cada vez com maior duração, são algumas das características actuais das nossas baterias...

mas sabe que ainda não estamos satisfeitos?

A SUA SATISFAÇÃO É O NOSSO OBJECTIVO MAIOR.

TUDOR

1920 — 1970

TUDOR 50 ANOS

LISBOA · TOMAR · C. BRANCO · PORTO · COIMBRA · VISEU · ÉVORA · BRAGA · SETÚBAL · AVEIRO · FARO

Por que razão os industriais do mundo inteiro encontrar-se-am em Paris de 21 de Maio a 10 de Junho de 1970.

Entre o dia 21 de Maio e o dia 10 de Junho, realizarse-aõ 5 grandes manifestações internacionais na capital francesa : é a 5ta quinzena técnica de Paris, no decurso da qual milhares de participantes vindos do mundo inteiro apresentam as mais recentes novidades nos sectores vitais da acção industrial.

Qualquer seja o seu dominio de actividade, o seu interesse impliqua que esteja presente.

5ta quinzena técnica de Paris :

Paris-Le Bourget : de 21 a 31 de Maio

☐ **Expomat** - Salão Internacional do Material para as Obras Públicas e a Construção

Paris - (Pureaux C.N.L.T.) de 27 de Maio a 4 de Junho

☐ **Mesucora** - Medição, Control, Regulação, Automatismo

☐ **Bienal do equipamento electrico** - Material electrico e electrónico para Indústrias, Serviços Públicos, Centrais e Redes

Paris - Porte de Versailles de 2 a 10 de Junho

☐ **Europlastique - Eurocaoutchouc** *(2-10 de Junho)* Matérias Primas, Produtos de transformação, Máquinas

☐ **Exposicão das técnicas internacionais de calefacção, do frio e da climatização** *(2-8 de Junho)*

Congressos e Conferências

☐ IMEKO V - Conferência Internacional da Medição 25-30 de Maio. Palácio dos Congressos em Versailles.

☐ TRAFIC - Simpósio sobre o tráfego aéreo, estradal, ferroviário 1-3 de Junho. Palácio dos Congressos em Versailles.

☐ Conferência Europeia dos Plásticos 1-5 de Junho. Paris.

☐ Conferência Internacional do Cauchu - 1-5 de Junho. Paris.

☐ Colóquio Técnicos dentro da Bienal do Equipamento Eléctrico 3 de Junho Dia da Engenharia.

Para qualquer solicitação de informação, queira escrever :

Quinzaine Technique de Paris, 17, rue Daru - 75-PARIS-8e - Tél. 267.09.53.

Nome : _____

Endereço : _____

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fábrica igualmente

- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em baquelite e porcelana
- tubo plástico "Polivoll" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE L. BARBOSA DE QUINTELA, 3-1º LISBOA
FÁBRICA-CAIS DAU-VILA NOVA DE GAIA

EC 61·1

VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

C. D. U. 007.52

INTRODUÇÃO AOS AUTÓMATOS INFINITOS E TEORIA DA COMPUTABILIDADE

Por LUÍS MONIZ PEREIRA
Do Centro de Estudos de Cibernética *

RESUMO

Procura-se neste artigo equilibrar uma exposição formal com noções intuitivas que motivem a sua leitura e a esclareçam. Começa-se por introduzir as «máquinas de Turing», fornecendo-se em seguida exemplos típicos; depois prossegue-se referindo as importantes noções de «máquinas de Turing Universal» e de problemas irresolúveis. Por fim, conclui-se mencionando as aplicações da teoria exposta.

0 — INTRODUÇÃO

O problema de avaliar exactamente o que podemos ou não esperar deste ou daquele tipo de máquina de calcular já construída ou por construir não é novo. Já alguns anos antes do aparecimento dos primeiros computadores se havia elaborado uma definição de algoritmo e explicitado a sua estreita relação com certo tipo de máquinas conceptuais (Turing 1936). Elas viriam a ser o esquema por detrás dos actuais computadores, que não são mais do que variantes tecnológicas sofisticadas dessas máquinas. Essas máquinas teóricas, chamadas máquinas de Turing, permitem por isso entender melhor os processos realizados por um computador e até demonstrar rigorosamente a existência de problemas insusceptíveis de serem resolvidos nesse computador ou noutro qualquer — isto é, a inexistência de um algoritmo para uma classe de problemas dada.

Este facto não deve ser considerado razão depreciativa dessa classe de problemas: haverá nela problemas cujo enunciado particular é susceptível de um algoritmo, também particular. Não haverá, isso sim, um único algoritmo suficientemente maleável para dar conta da versatilidade de todos os enunciados verosímeis. Note-se que não se exclui a possibilidade de existência, nessa classe de problemas, de um problema irresolúvel que justificasse a inexistência de um algoritmo geral.

A procura de algoritmos, o mesmo é dizer a realização de programas, é a tentativa por um lado de descobrir mais e novos algoritmos, por outro, de encontrar algoritmos cada vez mais amplos, de aplicação cada vez mais geral.

Ninguém até hoje, exceptuando Leibniz, propôs a elaboração de um «algoritmo de todos os algoritmos», o qual se aplicasse a todo e qualquer problema, por mais miscelâneo que fosse. No entanto, existe um algoritmo cujo trabalho é o de imitar qualquer outro algoritmo. À máquina que realiza esse algoritmo chama-se máquina de Turing Universal, ou General Purpose Computer se for uma das suas versões tecnológicas; neste caso, os algoritmos imitados chamam-se programas.

Entre outras coisas, a teoria da computabilidade preocupa-se com o problema da existência de algoritmos (ou procedimentos efectivos de computação) para resolver este ou aquele problema e pretende em última análise um conjunto de instruções a derivar de um enunciado, que conduzam a um procedimento automático garantindo a existência de um resultado.

---

* O C.E.C, Centro de Estudos de Cibernética foi criado no início do ano lectivo de 1968/69 e funciona numa sala-laboratório do Pavilhão de Máquinas do I. S. T. Dos trabalhos publicados constam um artigo na TÉCNICA em Dezembro de 1968, iniciando-se agora uma participação regular. Publicar-se-ão para já os textos relativos ao colóquio «Introdução aos Autómatos Finitos e Infinitos: Aplicações», realizado pelo C.E.C. em Janeiro de 1970.

Como saber porém de antemão se uma dada forma de proceder, que se supõe ser um algortimo, é efectivamente um algoritmo, isto é, se permite obter um resultado final sempre que seja aplicada à classe de problemas que se propõe resolver?

Sabe-se que este problema é irresolúvel. Por outras palavras, prova-se que não existe ou não é possível fornecer um algoritmo que avalie da pertinência ou não pertinência do uso de um modo de proceder *qualquer* para a resolução dos problemas possíveis de uma mesma classe.

Demonstremos que esse algoritmo não existe tomando como exemplo uma classe especial de funções:

Consideremos as funções cujo domínio seja o conjunto dos inteiros não negativos e cujo contradomínio seja um sub-conjunto desses inteiros. Exemplos dessas funções podem ser $k(x) = x^2$, $h(x) = 2^x$, $g(x) = x$ — ésimo dígito no desenvolvimento de π. Diremos que uma daquelas funções é efectivamente calculável se existir um algoritmo bem definido que nos permita calcular o valor $f(x)$ quando x é dado.

Suponhamos agora que temos uma lista de todas as funções desta classe efectivamente calculáveis e que as ordenamos da seguinte maneira: descrevemos em português cada um dos algoritmos que permite calcular cada função e seguidamente ordenamos alfabèticamente essas descrições. Seja $f_x(x)$ o valor para o argumento x, da função cuja ordem é x, e definamos a função $h(x) = f_x(x) + 1$. A nossa tese é a de que $h(x)$ não pertence à lista.

Para se ver que isso é verdade suponhamos que era $h(x) = f_i(x)$ (i fixo). Observemos então que para $x = i$, $h(i) = f_i(i) = f_i(i) + 1$, o que é contraditório. Ora qualquer que seja o i escolhido, a contradição aparece sempre que x toma o valor i; isto é, $h(x)$ difere de qualquer das funções da lista pelo menos para um valor do argumento. Daqui devemos concluir que $h(x)$ não é efectivamente calculável pois que não pertence à lista. Mas, por outro lado, sabemos que para calcular $h(x)$ nos basta calcular $f_x(x)$, (o que é possível visto $f_x(y)$ ser efectivamente calculável) e juntar-lhe 1. Podemos pois calcular efectivamente $h(x)$. Porque é que então $h(x)$ não pertence à lista? Onde está o nosso erro?

O erro provém de termos assumido em primeiro lugar que era possível construir a lista de todas as funções efectivamente calculáveis. Com efeito, pressupusémos que, para todas as funções tendo como domínio os números inteiros não negativos e contra-domínio um sub-conjunto desses inteiros, existia um algoritmo ou um processo para decidir se cada uma das funções era ou não efectivamente calculável, isto é, se havia um algoritmo que fornecesse o valor da função para cada valor do argumento.

Fica pois provada para esta classe de funções a irresolubilidade do problema levantado. Esta irresolubilidade é aliás equivalente à do «halting--problem»:

Pode demonstrar-se que não existe uma máquina que nos diga, *em todos os casos*, se um dado cálculo levado a cabo por outra máquina terminará eventualmente ou se prosseguirá para sempre sem alcançar um resultado definitivo; este facto não deveria preocupar-nos não fosse ele válido para qualquer máquina de Turing; assim sendo, o que realmente demonstramos é a inexistência de um algortimo geral que permita afiançar se *qualquer* outro algoritmo garante ou não um resultado final definido. Justifiquêmo-nos:

Temos até agora identificado, tàcitamente, processo algorítmico com uma máquina teórica que o realiza; agora, no entanto, fomos mais longe — — impusémos que essa máquina fosse de um tipo restrito de máquina, mais precisamente, uma máquina de Turing. Dissémos até que há uma máquina de Turing Universal suficientemente segura de si para ser capaz de imitar qualquer outra máquina de Turing. Este comportamento é passível de algumas objecções.

Em primeiro lugar, perguntar-se-á, não existirão processos eficientes para alcançar resultados, que não possam ser descritos por nenhuma linguagem formal, por exemplo o pensamento e a fala humanos? A resposta a esta questão terá que ser dada pela Psicologia e pela Linguística; para esse assunto remetemos aos artigos que se seguem e à bibliografia. No entanto, a noção instuitiva que possuimos do que seja um processo eficiente diz-nos que este deve ser *definível*, isto é, temos que encarar a possibilidade de o transmitir a um homem que o consiga executar, por muito desinteressante ou incompreensível que lhe seja o problema. Nesta altura poderíamos ser tentados a definir algoritmo como um conjunto de regras que nos diz, sem ambiguidade, como proceder passo a passo. Esta definição

sujeita-se à crítica de que a interpretação das regras é deixada a cada um, e portanto, que seria até possível inventar-se uma interpretação consistente dessas regras que não fosse sequer suspeitada. Aparecia assim uma ambiguidade e o procedimento eficiente deixava de ser definível. Poderíamos evitar, pelo contrário, os problemas de interpretação ou de compreensão se juntamente com as regras fornecessemos em detalhe o mecanismo que as deve interpretar. É claro que seria ruinoso fazê-lo para cada procedimento eficiente individual; o ideal seria pois, (1) uma linguagem na qual se expressasse as regras, (2) uma única máquina que interpretasse as frases nessa linguagem e desempenhasse todas as etapas prescritas para qualquer procedimento eficiente.

Essa máquina, é bom dizê-lo, existe. A linguagem que ela utiliza é a linguagem prescrita; note-se, aliás, que ao operar sobre uma sequência de símbolos inicial chamada enunciado, a máquina a transforma numa sequência de símbolos terminal chamada resultado, através de uma sequência de símbolos intermédia chamada resolução; assim um problema goza de solução se existir uma sequência de símbolos permissível entre o enunciado e o resultado. A própria máquina, é no entanto descrita, de maneira precisa, por uma colecção de sequências de símbolos, que fazem a ligação entre as sucessivas sequências de símbolos do cálculo; nas sequências de símbolos da máquina intervém o símbolo que a máquina lê, o símbolo que a máquina escreve, e, como intermédio entre estes dois, o símbolo do estado em que a máquina se encontra; finalmente, aparece ainda o símbolo do estado interno em que a máquina fica depois da operação, como veremos.

As sequências permitidas são precisamente aquelas que a máquina permite que se efectuem visto que a colecção de sequências que a definem é restrita.

Embora seja de esperar que procedimentos eficientes mais complexos obriguem a máquinas mais complexas, o que acontece é que podemos realizar uma máquina do tipo indicado cuja forma permanece constante, independentemente da complexidade do processo em questão, e capaz de o manipular efectivamente — é a máquina de Turing Universal.

Uma outra objecção poderia muito bem ser esta: com que propriedade assimilámos as funções efectivamente calculáveis às funções calculáveis por uma máquina de Turing *(ou funções computáveis)*? Ou esta: quem nos assegura que dado um algoritmo, descrito numa certa linguagem formal, com papel e lápis, exista um dispositivo físico que o realize?

A resposta à segunda questão é imediata: haverá pelo menos um dispositivo físico — aquele que escreva a lápis no papel. Para responder à primeira questão começamos por fazer notar que assimilar o conceito intuitivo de função efectivamente calculável ao conceito rigoroso de função computável, é mais uma tentativa de definição precisa desse conceito intuitivo do que qualquer outra coisa; mas, se por um lado fàcilmente admitimos que uma função computável é por maioria de razão efectivamente calculável, poderão surgir dúvidas quanto à capacidade de a noção de função computável dar conta de todas as funções a que legìtimamente chamaríamos efectivamente calculáveis. De facto, têm-se elaborado variadas definições precisas do que seja calculabilidade efectiva; entre elas contam-se a *definibilidade* - λ de Church, *a recursividade geral* de Herbrand - Gödel - Kleene, os *sistemas canónicos* de Post, os *sistemas formais elementares* de Smullyan e a *computabilidade* de Turing, todas elas formuladas muito diferentemente mas que provaram vir a definir *a mesma classe de funções*, sendo portanto equivalentes. Esta equivalência e o facto de que para máquinas que à primeira vista pareciam ter possibilidades de computação muito maiores do que as máquinas de Turing se ter demonstrado sempre que computavam as mesmas funções, levam a que se identifique ou se defina as funções efectivamente calculáveis como aquelas que são computáveis por uma máquina de Turing.

Máquinas de Turing

A afirmação de que uma máquina de Turing é um autómato infinito necessita ser tornada mais precisa. Na realidade, o que numa máquina de Turing é infinito é a sua memória porquanto o seu número de estados internos é finito. Podemos fazer a analogia com um computador ao qual fosse sempre possível acrescentar capacidade de memória (acrescentando por exemplo fita magnética) à medida que fosse necessário. Podemos pois referir-nos aos dispositivos físicos que representam uma máquina de Turing como

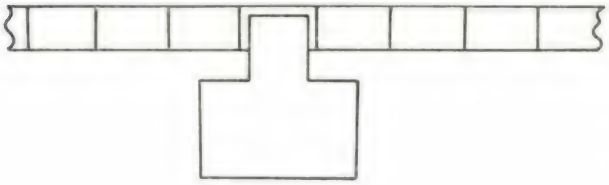
possuindo memória ilimitada no sentido acima dado. Com pretexto no que já foi dito passamos a dar uma.

1 — DESCRIÇÃO

Uma máquina de Turing é um autómato com um número finito de estados internos ou configurações ao qual se associa uma memória externa constituída por uma fita ou banda dividida em quadrados ou rectângulos e infinita em ambos os sentidos.

A ligação entre a fita e a máquina pròpriamente dita é assegurada por uma cabeça de leitura-gravação que inspecciona apenas um quadrado de cada vez.

O estado seguinte do autómato é determinado pelo estado actual e pela sua entrada, constituída pelo símbolo inscrito no quadrado sob a cabeça de leitura-gravação. A saída do autómato é ou um símbolo que ele grava no lugar do símbolo de entrada que é apagado, *ou* o deslocamento elementar da fita de um único quadrado, quer para a esquerda quer para a direita. Pode também pensar-se num tipo diferente de saída em que aconteçam ambas as coisas, isto é, inscrição de um símbolo *e* deslocamento; esse tipo de descrição, sendo equivalente à anterior, permite a economia de transições elementares como veremos.



Podemos pois descrever o funcionamento de uma máquina de Turing com três funções

$$Q(t+1) = G(Q(t), S(t))$$
$$R(t+1) = F(Q(t), S(t))$$
$$D(t+1) = D(Q(t), S(t))$$

onde Q (t) é o estado na etapa t.
S (t) é o símbolo lido na etapa t.
R (t) é o símbolo escrito na etapa t.
D (t) é o deslocamento na etapa t.

As três funções são:

G — mudança de estado
F — saída
D — deslocamento

Em cada etapa ou ciclo a máquina encontra-se num estado interno q_i, lê o símbolo s_j, imprime o símbolo $F(q_i, s_j)$ eventualmente igual ao anterior, desloca-se $D(q_i, s_j)$ e transita para o estado $G(q_i, s_j)$.

Visto que a máquina se pode deslocar em qualquer dos sentidos ao longo da fita, é-lhe sempre possível voltar a um quadrado devidamente assinalado para reaver aí a informação armazenada. Isso torna-lhe possível acumular quantidades de informação arbitràriamente grandes.

Esta possibilidade de voltar «atrás» distingue-a de um autómato finito *, o qual pode considerar-se como uma máquina de Turing que só pode mover-se num único sentido; (ou que se mova nos dois sentidos mas não possa apagar).

Outra diferença importante é que enquanto para os autómatos finitos temos que considerar a entrada como procedendo do meio exterior e portanto que a computação não fica completamente especificada fornecendo-se apenas o estado inicial juntamente com o símbolo de entrada inicial, na máquina de Turing temos um sistema fechado em que a fita serve de ambiente à parte finita da máquina; podemos especificar completamente uma computação dando (1) o estado inicial da máquina, (2) o conteúdo inicial da fita, (3) a posição inicial da fita.

Fazemos aqui uma restrição: inicialmente a fita está vazia excepto num número finito de quadrados. Assim em cada etapa podemos supor a fita como sendo finita, desde que, quando necessário, se acrescente mais um quadrado vazio à fita; mantém-se pois a analogia com os actuais computadores.

2 — DESCRIÇÃO FORMAL

Definição 1 Uma *expressão* é uma sequência finita (eventualmente nula) de símbolos escolhidos da lista: $q_1, q_2, \ldots ; s_0, s_1, \ldots ; R, L$

* Ou máquina sequêncial.

Definição 2 Um *quádruplo* é uma *expressão* com uma das seguintes formas:

(1) $q_i\, s_j\, s_k\, q_l$ (3) $q_i\, s_j\, L\, q_l$

(2) $q_i\, s_j\, R\, q_l$ (4) $q_i\, s_j\, q_k\, q_l$

Cada quádruplo indica um ciclo de uma máquina de Turing, sendo q_i o estado interno inicial, s_j o símbolo lido e q_l o estado interno no final do ciclo. Em (1), s_k é o símbolo escrito que substitui s_j. Em (2) e (3), R e L são deslocamentos da fita tais que a máquina passa a ler o símbolo incrito no quadrado imediatamente à direita ou à esquerda de s_j respectivamente.

As expressões com a forma (4) permitem que a máquina faça certo tipo de perguntas ao «meio exterior» acerca do conteúdo da sua fita: se a resposta é afirmativa ela assume o estado interno q_k; o estado interno q_l caso contrário. Restringe-se o tipo de perguntas às da forma: «será que $\omega \varepsilon A$?» em que A é um conjunto dado e ω é extraído do conteúdo da fita.

Obtém-se assim o conceito de computabilidade relativa, ou de função A-computável, quando for necessária a intervenção de quádrulos da forma (4) juntamente com a especificação do conjunto A e o modo de extrair ω da fita. Esta noção de computabilidade relativa é mais geral que a anterior; de facto, podemos supor que uma função é simplesmente computável quando o conjunto A for vazio; nesse caso a máquina assume sempre, na forma (4), o estado q_l, e um quádruplo da forma $q_i\, s_j\, q_k\, q_l$ é equivalente a um outro da forma (1), $q_i\, s_j\, s_j\, q_l$. Há pois toda a vantagem em desenvolver a teoria mais geral de computabilidade relativa ao invés da teoria de computabilidade simples; daí a razão de ser dos quádruplos da forma (4).

Definição 3 Uma *máquina de Turing* é um conjunto finito (não vazio) de quádruplos, que não contém dois quádruplos diferentes cujos primeiros dois símbolos sejam iguais.

Aos q_i's e aos s_i's que ocorrem nos quádruplos de uma máquina de Turing chama-se estados ou *configurações internas* e *alfabeto* respectivamente. Se nenhum dos quádruplos for da forma (4), a máquina de Turing diz-se *simples*. (Notar que a definição acima dada implica a finitude do número de configurações internas e do número de símbolos do alfabeto de qualquer máquina).

Definição 4 Uma *descrição instantânea* é uma *expressão* em que há apenas um q_i, não há R ou L, e na qual q_i não é o símbolo mais à direita.

Se Z for uma máquina de Turing, *a* é uma descrição instantânea de Z se o q_i que figura em *a* for uma configuração interna de Z e se os s_i's que ocorrem em *a* fizerem parte do alfabeto de Z.

Definição 5 A uma expressão que consista inteiramente de s_i's chama-se *expressão da fita*. No que se segue, P e Q são expressões da fita.

Definição 6 Seja Z uma máquina de Turing e *a* uma descrição instantânea de Z tal que q_i é a configuração interna de Z que figura em *a* e s_j é o símbolo imediatamente à direita de q_i. Diremos então que s_j é o *símbolo lido por Z em a* e que a expressão da fita obtida retirando q_i é a *expressão da fita de Z em a*.

Consideremos a partir de agora que os quadrados vazios da fita são preenchidos por um símbolo s_0 ou B que indica precisamente quais os quadrados em branco.

Definição 7 Seja Z uma máquina de Turing e sejam *a* e *b* descrições instantâneas. Escreveremos $a \longrightarrow b$ (Z) ou se não houver ambiguidade apenas $a \longrightarrow b$, se houver um quádruplo de Z da forma (1), (2) ou (3) que transforme *a* em *b*. Escreveremos $a \underset{A}{\longrightarrow} b$ se houver um quádruplo de Z da forma (4) que transforme *a* em *b*.

Exemplo: $s_2\, q_1\, s_0\, s_5\, s_3$ é transformada em $s_2\, s_0\, q_1\, s_5\, s_3$ pelo quádruplo da forma (2), $q_1\, s_0\, R\, q_1$.

Teorema 1 Se $a \longrightarrow b$ (Z) e $a \longrightarrow c$ (Z), então $b = c$. Este teorema é imediato a partir da definição 3.

Teorema 2 Se $a \longrightarrow b$ (Z) e $Z \subset Z'$, então $a \longrightarrow b$ (Z'). $Z \subset Z'$ significa que todo o quádruplo de de Z é também um quádruplo de Z'. Note-se, aliás, que Z e Z' são dois conjuntos (definição 3).

Definição 8 Uma descrição instantânea *a* chama-se *terminal relativamente a* Z se não existir *q* tal que $a \longrightarrow b$ (Z).

Isto significa que a ausência de uma instrução sob a forma de um quádruplo do tipo (1), (2) ou (3) adequado à descrição instantânea *a* equivale à paragem da máquina.

Definição 9 Por *computação de uma máquina de Turing* Z entende-se uma sequência finita $a_1, a_2, \ldots, a_p$ de descrições instantâneas tais que $a_i \rightarrow a_{i+1}$ (Z) para $1 \leqslant i < p$ e tal que a_p é terminal relativamente a Z. Nesse caso escreve-se $a_p = \mathrm{Res}_z(a_1)$ e chama-se a a_p o *resultado* de a_1 relativamente a Z.

3 EXEMPLOS

Normalmente chama-se q_1 à configuração interna presente na descrição instantânea inicial a. Assim suponhamos que Z consiste no seguinte conjunto de quádruplos:

$$\begin{array}{l} q_1\ s_0\ R\ q_1 \\ q_1\ s_2\ R\ q_1 \\ q_1\ s_5\ R\ q_1 \\ q_1\ s_3\ s_5\ q_2 \\ q_2\ s_5\ L\ q_3 \\ q_3\ s_0\ s_5\ q_3 \\ q_3\ s_2\ s_5\ q_3 \\ q_3\ s_3\ s_5\ q_3 \end{array}$$

Z tem as configurações internas q_1, q_2, q_3 e o alfabeto s_0, s_2, s_3, s_5.

Exemplo de uma computação de Z:

$$\begin{aligned} s_2\ q_1\ s_0\ s_5\ s_3 &\longrightarrow s_2\ s_0\ q_1\ s_5\ s_3 \\ &\longrightarrow s_2\ s_0\ s_5\ q_1\ s_3 \\ &\longrightarrow s_2\ s_0\ s_5\ q_2\ s_5 \\ &\longrightarrow s_2\ s_0\ q_3\ s_5\ s_5 \end{aligned}$$

Aqui $\mathrm{Res}_Z(s_2\ q_1\ s_0\ s_5\ s_3) = s_2\ s_0\ q_3\ s_5\ s_5$.

Portanto o efeito de Z foi o de procurar o símbolo s_3 movendo-se para a direita do símbolo inicialmente lido. Localizado s_3, substituíu-o por s_5 e escreveu outro s_5 imediatamente à esquerda do primeiro.

O que aconteceria se não existisse nenhum s_3 à direita de q_1? Nesse caso a computação prosseguiria eternamente, ou melhor, não existiria computação no sentido dado pela definição nove. Isso porque à direita de s_3 existe uma infinidade de quadrados em branco, os quais já suposémos preenchidos com s_0. Se a_1 fosse $s_2\ q_1\ s_0\ s_3\ s_2$, o $\mathrm{Res}_Z(a_1)$ seria portanto indefinido.

O exemplo seguinte é um *contador de paridade*. Ele diz-nos se o número de s_1's (ou o número de 1's, fazendo $s_1 = 1$) na sua fita é par ou ímpar. Sempre que encontra um 1 ele muda de um estado para o outro. Aqui vamos utilizar uma representação de quíntuplos que permite economizar transições elementares. Os quíntuplos são da forma ($q_i\ s_j\ s_k\ D\ q_l$) em que D pode ser um dos símbolos R ou L, q_i a configuração interna, s_j o símbolo lido, s_k o símbolo escrito e q_l a configuração interna seguinte. Esta representação é equivalente à anterior, facto que o leitor poderá demonstrar como exercício para uma máquina Z simples.

Os quíntuplos do contador de paridade são:

q_i	s_j	s_k	D	q_l
q_0	0	0	R	q_0
q_0	1	0	R	q_1
q_1	0	0	R	q_1
q_1	1	0	R	q_0

Se o estado final é q_0 a paridade é par, se é q_1, é ímpar.

Vejamos como é processada a descrição instantânea seguinte:

$$a_1 = P\ q_0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q$$

em que F é um símbolo que indica o fim da expressão cuja paridade se pretende conhecer e P e Q são como já se disse expressões da fita, possìvelmente apenas constituídas por B's (ver definição 6).

Teremos então:

$$\begin{aligned} P\ q_0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q &\longrightarrow P\ 0\ q_1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ q_1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ 0\ q_0\ 1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ 0\ 0\ q_1\ 0\ 1\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ q_1\ 1\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ q_0\ 1\ F\ Q \\ &\longrightarrow P\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ q_1\ F\ Q \end{aligned}$$

que é terminal.

Neste exemplo a máquina move-se sempre para a direita não existindo portanto a possibilidade de reaver mais tarde informação porventura por ela armazenada na fita. Nessa medida, podemos esperar que a computação de paridade efectuada, possa ser levada a cabo por um autómato finito (e portanto de memória finita e entrada sequencial).

Exercício 2 Modificar os quíntuplos de modo a que a expressão da fita inicial se mantenha, conservando assim a informação dada.

Um exemplo elucidativo da utilização da fita ilimitada é o *verificador de parêntesis* que permite decidir se uma sequência de parêntesis é ou não uma frase bem formada de uma certa linguagem. Por exemplo ((( ) ( )) ( ))) é bem formada enquanto que (( ))) ,) (e ((( ))) não o são.

A descrição instantânea inicial é do tipo PAq_0 EAQ, em que A é um símbolo que identifica o início e o fim da expressão da fita E constituída por uma sequência de parêntesis, mal ou bem formada. Os quíntuplos do verificador de parêntesis são:

q_0) X L q_1
q_0 ((R q_0
q_0 A A L q_2
q_0 X X R q_0
q_1)) L q_1
q_1 (X R q_0
q_1 A N D q_3
q_1 X X L q_1
q_2) não ocorre
q_2 (N D q_3
q_2 A S D q_3
q_2 X X L q_2

X é um símbolo utilizado em substituição de um parêntese que está a ser conferido. D é um deslocamento indiferentemente para a esquerda ou para a direita; pode ser substituído por R ou por L. q_3 é o estado que figura na descrição instantânea terminal. A máquina imprime S se a expressão é bem formada, N caso contrário.

Examinemos como a máquina procede:

q_0 é bàsicamente um estado de deslocação para a direita, que procura, sem nada modificar, um parêntese «)»; substitui-o por X e transforma-se em q_1.

q_1 é bàsicamente um estado de deslocação para a esquerda, que procura, sem nada modificar, um parêntese «(». Se o encontra substitui-o por X e volta ao estado q_0. O cancelamento continua até que aconteça uma das duas coisas: (1) o estado q_1 não encontra nenhum «(»; atinge assim o A da esquerda, imprime um N e pára, (2) o estado q_0 não encontra mais nenhum «)»; atinge assim o A da direita e passa ao estado q_2; alcançado o estado q_2 este desloca-se para a esquerda para verificar se persiste ainda algum «(»; se encontra um pára e imprime N; se atinge o A da esquerda sem encontrar nenhum imprime S e pára.

Note-se que esta computação não pode ser realizada por um autómato finito porque a máquina terá que percorrer eventualmente intervalos arbitràriamente longos. Repare-se também numa propriedade interessante desta máquina: ela só muda o conteúdo de cada quadrado uma única vez. Pode mostrar-se que qualquer máquina é num certo sentido equivalente a uma outra restingida a essa condição.

4 — COMPUTAÇÕES NUMÉRICAS

Mostrámos já como é que as máquinas de Turing podiam ser utilizadas para realizar computações com símbolos. Para as tornarmos aptas a fazerem computações numéricas é necessário introduzir uma representação simbólica adequada para os números. A maneira mais simples de o fazer é escolher um símbolo s_1 como base e simbolizar um número por uma expressão inteiramente formada por ocorrências desse símbolo. Além disso, se m for um inteiro positivo escreveremos s_i^m em vez da expressão $\underbrace{s_i \ldots s_i}_{m}$. A expressão nula representar-se-á s_i^0. Utilizaremos doravante 1 em lugar de s_1.

Nota Importante

Chamamos aqui a atenção para a facto de que apenas trabalharemos no que se segue com funções cujos domínio e contra-domínio são sub-conjuntos dos inteiros não negativos. A mesma teoria pode ser desenvolvida sensìvelmente da mesma maneira para os inteiros negativos ou para os racionais. Quanto aos números reais, há que definir os números reais computáveis. Mas não podemos entrar em detalhes.

Definição 10 A cada número n inteiro não negativo associamos a expressão da fita

$$\overline{n} = s_1^{n+1} = 1^{n+1}$$

Portanto $\overline{3} = 1\ 1\ 1\ 1$ e, em geral, $\overline{n} = \underbrace{1 \ldots 1}_{n+1}$

Definição 11 A cada k-tuplo $(n_1, n_2, \ldots, n_k)$ de inteiros não negativos associamos a expressão da fita $\overline{(n_1, n_2, \ldots, n_k)}$, onde

$$\overline{(n_1, n_2, \ldots, n_k)} = \overline{n_1}\ B\ \overline{n_2}\ B \ldots B\ \overline{n_k}$$

Assim, $\overline{(2,3,0)} = 1\ 1\ 1\ B\ 1\ 1\ 1\ 1\ B\ 1$

Esta notação é conveniente para as entradas. Para as saídas utilizaremos a seguinte

Definição 12 Seja M uma expressão da fita ou uma descrição instantânea. Então $<M>$ é o número de 1,s que ocorrem em M.

Assim, $<1\ 1\ B\ s_4\ q_3> = 2$; $<q_3\ q_2\ s_5> = 0$.

Note-se que $<\overline{m-1}> = m$ e que $<M\ N> = <M> + <N>$.

5 – FUNÇÕES COMPUTÁVEIS

Definição 13 Seja Z uma máquina de Turing. Então, para cada n, associamos com Z uma função n-ária

$$\Psi_Z^{(n)}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

do seguinte modo:

Para cada n-tuplo $(m_1, m_2, \ldots, m_n)$, fazemos $x_1 = q_1\ \overline{(m_1, m_2, \ldots, m_n)}$ e distinguimos entre dois casos

(1) existe uma computação de Z, $a_1, \ldots, a_p$. Nesse caso fazemos

$$\Psi_Z^{(n)}(m_1, m_2, \ldots, m_n) = <a_p> = \\ = <\mathrm{Res}_Z(a_1)>$$

(2) não existe nenhuma computação $a_1, \ldots, a_p$, isto é, $\mathrm{Res}_Z(a_1)$ é indefinido. Nesse caso deixamos $\Psi_Z^{(n)}(m_1, m_2, \ldots, m_n)$ indefinida.

Escrevemos $\Psi_Z(x)$ em vez de $\Psi_Z^{(1)}(x)$.

Definição 14 Uma função n-ária $f(x_1, \ldots, x_n)$ é *parcialmente computável* se existir uma máquina de Turing Z tal que

$$f(x_1, \ldots, x_n) = \Psi_Z^{(n)}(x_1, \ldots, x_n)$$

Diremos nesse caso que Z *computa* f. Se, além disso, $f(x_1, \ldots, x_n)$ for uma função *total*, isto é, definida para todos os n-tuplos, diremos que a função f é *computável*.

EXEMPLOS

Adição. Seja $f(x, y) = x + y$. Vamos construir uma máquina de Turing Z que computa $f(x, y)$; isto é, tal que

$$\Psi_Z^{(2)}(x, y) = x + y$$

Z consiste no conjunto de quádruplos

$$q_1\ 1\ B\ q_1$$
$$q_1\ B\ R\ q_2$$
$$q_2\ 1\ R\ q_2$$
$$q_2\ B\ R\ q_3$$
$$q_3\ 1\ B\ q_3$$

Se $a_1 = q_1\ \overline{(m_1, m_2)} = q_1\ \overline{m_1}\ B\ \overline{m_2}$. Então o leitor verificará que

$$\Psi_Z^{(2)}(m_1, m_2) = <\mathrm{Res}_Z(a_1)> \\ = <B\ 1^{m_1}\ B\ q_3\ B\ 1^{m_2}< \\ = m_1 + m_2$$

Sucessão. Seja $S(x) = x + 1$. Mostremos que $S(x)$ é computável.

Z consiste no quádruplo único $q_1\ B\ B\ q_1$.

Então $\Psi_Z(m) = <q_1\ \overline{m}> m + 1$

Subtracção. Definamos a função $x \dot{-} y$ do seguinte modo

$$x \dot{-} y = x - y \quad \text{se } x \geqslant y$$
$$x \dot{-} y = 0 \quad \text{se } x < y$$

Pode construir-se uma máquina de Turing Z tal que $\Psi_Z^{(2)}(m_1, m_2) = m_1 \dot{-} m_2$.

TEODOLITO DE MINUTO, PARA TRABALHOS DE MÉDIA PRECISÃO À SUPERFÍCIE OU SUBTERRÂNEOS, DE TRIANGULAÇÕES INFERIORES E TAQUEOMETRIA TOPOGRÁFICA

THEO 020

DE VEB CARL ZEISS DE JENA

— Nivelamento automático do limbo vertical

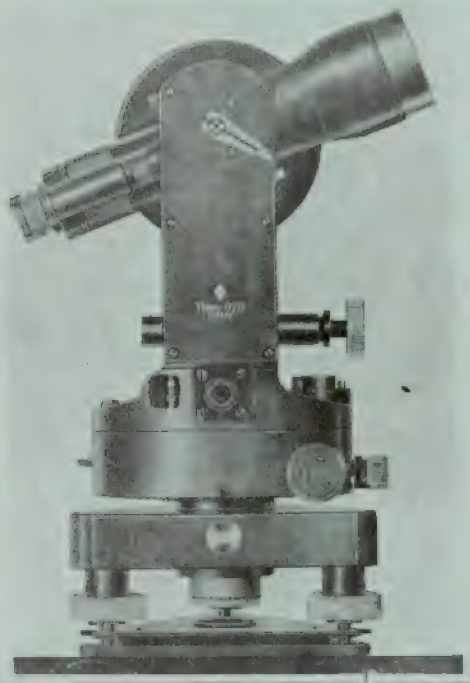
— Duplo visor óptico de pontaria

— Possibilidade de ocultar a escala de leitura do limbo vertical, iluminação do rectículo

— Prumo óptico incorporado

ACESSÓRIOS APLICÁVEIS

Bússola circular ou tubular; Bastão de centragem; Prancheta; Buscador de merediano 300; Nível; Cunha Dimess, etc.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

— Ampliação telescópica 25 x

— Graduação do intervalo 1 c

— Estima de leitura no limbo horizontal 20 cc

— Estima de leitura no limbo vertical 25 cc

Compensador:

— Zona de acção ± 4'

— Erro de repetição inferior a ± 1,5"

— Erro quadrático da mirada nas duas direcções do telescópio ± 10 cc

— Erro quadrático dum ângulo em três repetições ± 10 cc

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

CENTRO TÉCNICO HOSPITALAR S.A.R.L.
DIVISÃO ZEISS: TELEF. 778166/7
AV. DA REPÚBLICA, 84 LISBOA 1

ESCAVADORAS HIDRÁULICAS
S/RODAS — S/LAGARTAS

— ENTREGAS IMEDIATAS

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA, LDA.

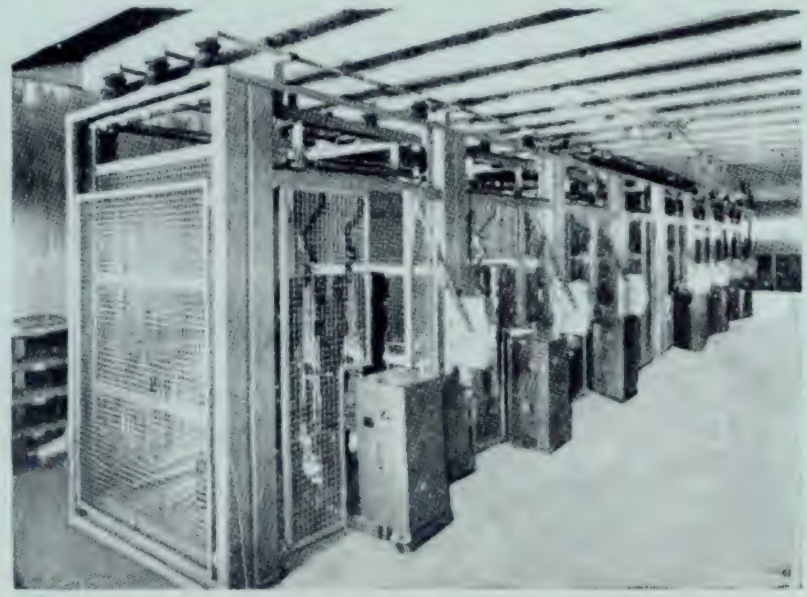
RUA ÁUREA, 181 - 2.° — TELEFONES 325011 - 327845 — LISBOA

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. Dr. Alfredo Magalhães, 110 - 2º. Dtº.
Tel. 20723

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4º Esq
Tel. 77 00 30/8/9



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais

Subestações

Postos de Transformação

Fábricas

Edifícios públicos

Blocos residenciais

Função Identidade. $I(x) = x$

Também é computável. Seja Z constituída por um único quádruplo, $q_1\ 1\ B\ q_1$. Então, $q_1\ n = q_1\ 11^n \longrightarrow q_1\ B\ 1^n$, e portanto $\Psi_Z(n) = \langle q_1\ B\ 1^n \rangle = n$.

Outras funções identidade. Sejam as funções n-árias $U_i^n(x_i, \ldots, x_n) = x_i$. Essas funções também são computáveis. Isto é, para cada n e para cada $1 \leqslant i \leqslant n$ há uma máquina Z tal $\Psi_Z^{(n)}(x_1, \ldots, x_n) = x_i$.

Multiplicação. Também é computável. Existe Z tal que $\Psi_Z^{(2)}(x,y) = x.y$

Definição 15 Seja *a* uma descrição instantânea da forma $P\ q_i\ s_j\ Q$. Então, *a* é *final* em relação a Z se Z não contiver nenhum quádruplo começado por $q_i\ s_j$. (mesmo quádruplos da forma $q_i\ s_j\ q_k\ q_l$).

Corolários:

Teorema 3 Se Z é simples, então *a* é terminal em relação a Z se e só se for final em relação a Z.

Teorema 4 *a* é final em relação a Z se e só se simultâneamente se verificarem (1) e (2):

(1) *a* é terminal em relação a Z

(2) qualquer que seja o conjunto A escolhido, não há nenhum *b* tal que $a \underset{A}{\longrightarrow} b$ (Z).

Definição 16 Por - *A computação* de uma máquina de Turing Z entende-se uma sequência finita $a_1, a_2, \ldots, a_p$ de descrições instantâneas tal que para cada $1 \leqslant i < p$, ou $a_i \longrightarrow a_{i+1}$ (Z) ou $a_i \underset{A}{\longrightarrow} a_{i+1}$ (Z) sendo a_p final. Nesse caso escreveremos $a_p = \mathrm{Res}_Z^A(a_1)$ e chamaremos a a_p o *A - resultado* da a_1 em relação a Z.

Definição 17 Seja Z uma máquina de Turing. Para cada n, associaremos a Z uma função n-ária (que em geral depende de um conjunto A),

$$\Psi_{Z;A}^{(n)}(x_1, \ldots, x_n)$$

do seguinte modo: para cada $(m_1, \ldots, m_n)$ fazemos $a_1 = q_1\ \overline{(m_1, \ldots, m_n)}$ e distinguimos dois casos

(1) existe uma A - computação de Z, $a_1, \ldots, a_p$. Nesse caso fazemos

$$\Psi_{Z;A}^{(n)}(m_1, \ldots, m_n) = \langle a_p \rangle = \langle \mathrm{Res}_Z^A(a_1) \rangle$$

(2) não existe uma A - computação de Z; isto é, $\mathrm{Res}_Z^A(a_1)$ é indefinido. Nesse caso deixaremos $\Psi_{Z;A}^{(n)}(m_1, \ldots, m_n)$ indefinida.

Escreveremos $\Psi_Z^A(x)$ em vez de $\Psi_{Z;A}^{(1)}(x)$.

Se Z for simples $\Psi_{Z;A}^{(n)}(x_1, \ldots, x_n) = \Psi_Z^{(n)}(x_1, \ldots, x_n)$ por que Ψ é independente de A.

Definição 18 Uma função n-ária $f(x_1, \ldots, x_n)$ é *parcialmente A - computável* se existir uma máquina de Turing Z tal que $f(x_1, \ldots, x_n) = \Psi_{Z;A}^{(n)}(x_1, \ldots, x_n)$.

Nesse caso diremos que Z *A - computa* f.

Se além disso $f(x_1, \ldots, x_n)$ for total, então diz-se-á *A - computável.*

Corolário:

Teorema 5 Se $f(x_1, \ldots, x_n)$ é (parcialmente) computável, então é também (parcialmente) A - computável qualquer que seja A.

Há duas leituras para este teorema; uma com outra sem os parêntesis.

Teorema 6 A cada máquina de Turing Z corresponde uma máquina de Turing simples Z' tal que $\Psi_{Z'}^{(n)}(x_1, \ldots, x_n) = \Psi_{Z;\phi}(x_1, \ldots, x_n)$ em que ϕ é o conjunto vazio. Z' obtém-se a partir de Z substituindo cada um dos seus quádruplos da forma $q_i\ s_j\ q_k\ q_l$ por outro da forma $q_i\ s_j\ s_j\ q_l$.

Corolário:

Teorema 7 $g(x_1, \ldots, x_n)$ é (parcialmente) ϕ — computável se e só se for (parcialmente) computável.

Assim, a cada teorema obtido para a A - computabilidade, fazendo simplesmente $A = \phi$. Isto é, a teoria da computabilidade é um caso particular da teoria da computabilidade relativa.

Definição 19 Dizemos que um conjunto S é computável (A-computável) se a sua função característica $C_S(x)$ for computável (A - computável).

Por *função característica* de um conjunto S formado por n-tuplos $(x_1, \ldots, x_n)$ entenderemos a função total n-ária $C_S(x_1, \ldots, x_n)$ cujo valor para um dado n-tuplo $(a_1, \ldots, a_n)$ pertence a S e 1 se $(a_1, \ldots, a_n)$ não pertence a S.

Teorema 8 A é A - computável.

(Continua)

NOTICIÁRIO

Congresso Ibérico de Fundição

Realiza-se de 28 a 31 de Outubro de 1970 o 1.º Congresso Ibérico de Fundição, que terá lugar no Palácio Nacional de Congressos e Exposiciones, Madrid, devendo as inscrições serem efectuadas até 30 de Setembro, ficando sujeitas a subtaxa as efectuadas posteriormente.

Nos dias 30 e 31, haverá quatro visitas em dois circuitos distintos que incluirão fundições de ferro, aço e não ferrosos e os laboratórios do Centro Nacional de Investigaciones Metalurgicos.

Todas as pessoas interessadas em apresentar ao Congresso Ibérico comunicações, e ainda não contactadas por nenhum dos membros da comissão de comunicações ou pela APF, devem solicitar ao Secretariado da APF, R. Manuel Pinto de Azevedo, 419, Telef. 690675 — Porto, os elementos necessários para orientação da redacção e apresentação dos textos.

Antes de 31 de Março de 1970 deverão estar em poder da Comissão ou da APF os títulos e os resumos das comunicações nacionais.

Até ao dia 31 de Julho de 1970 deverão estar em poder da comissão ou da APF os textos completos com os quadros, gráficos e figuras eventualmente presentes.

As normas para a redacção das comunicações, baseada no Regulamento dos Congressos Nacionais de Fundição da APF, deverão ser requisitadas à Comissão ou à APF por todos os apresentadores de trabalhos.

De uma maneira abreviada há que respeitar as seguintes condições principais:

a) máximo de vinte páginas de texto A 4 dactilografadas a espaço e meio, incluindo quadros;

b) máximo de 15 gráficos e/ou fotografias;

c) apresentação em duplicado, em língua portuguesa para as comunicações a apresentar pela APF.

Inauguração do novo edifício «PHILIPS»

Foi inaugurado no passado dia 12 de Fevereiro, o novo edifício Philips onde as mais modernas técnicas de luz e som, e novos conceitos de estética e conforto foram aplicadas, para de tal modo permitir uma resposta mais adequada às solicitações do mercado, além de melhorar as condições de convívio e trabalho existentes.

Utilizando a nova concepção de escritórios panorâmicos, onde a distribuição do material depende essencialmente de aspectos funcionais, os diversos serviços dispõem-se ao longo de 15 pisos devidamente climatizados e interconectados.

No piso térreo existe um salão de exposições permanentes onde o público poderá contactar com vasta gama de aparelhagem. Neste mesmo piso, existe também um Estúdio de Cinema e Som que apesar da reduzida lotação, permite nos domínios do som realizar demonstrações e ensaios de toda a espécie de equipamentos sonoros utilizados em recintos fechados. Anexo à cabine de projecção cinematográfica está instalado um pequeno Estúdio de Gravação e Montagem de programas, com possibilidade de transmitir simultâneamente 8 programas diferentes.

Pelos restantes pisos foram distribuídos sectorialmente os serviços comerciais e técnicos da Empresa além de instalações sociais dos empregados, constituídas por cantina, sala de convívio e gabinete médico, assim como por sala própria para representações teatrais.

Em comemoração da inauguração do novo edifício, foi ofertada uma Escola Primária a construir em Carnaxide junto às futuras Instalações Industriais, assim como ao Instituto Superior Técnico e à Faculdade de Engenharia do Porto dois painéis especialmente concebidos para o ensino de Electrónica.

Novas instalações da DITEC

No passado dia 13 foram inauguradas as novas instalações da DITEC, Distribuidora de Livros Técnicos, Ld.ª, localizadas à Avenida da Igreja, lote 1278.

GP SUÇO-PORTUGUÊS 276/435/AR

Conserve a água da sua piscina sempre limpa sem mudá-la

EQUIPAMENTO PARA PISCINAS

SETAL
TRATAMENTO DE ÁGUAS

EQUIPAMENTO PARA PISCINAS

Conserve a água da sua piscina sempre limpa sem mudá-la.

A SETAL põe ao seu dispor a possibilidade de ter sempre água pura e cristalina —

— filtros, doseadores, limpadores de fundo, escovas, grelhas, etc.

Acessórios:

escadas, pranchas, trampolins, etc.

Dedicado serviço de assistência após-venda.

Consulte-nos sem compromisso.

SETAL - Sociedade de Estudos e Tratamento de Águas, Lda.
LISBOA
Rua Joaquim António de Aguiar, 73-5.º - Tel. 6541 83/5
PORTO
Praça D. João I, 25, 1.º - salas 16 e 17 - Tel. 24771

PRISMA

ARMADURAS
PRÉ-FABRICADAS
EM TODOS
OS TIPOS DE AÇO
PARA BETÃO

AÇO A 24
AÇO A 40
AÇO A 50
AÇO A 68

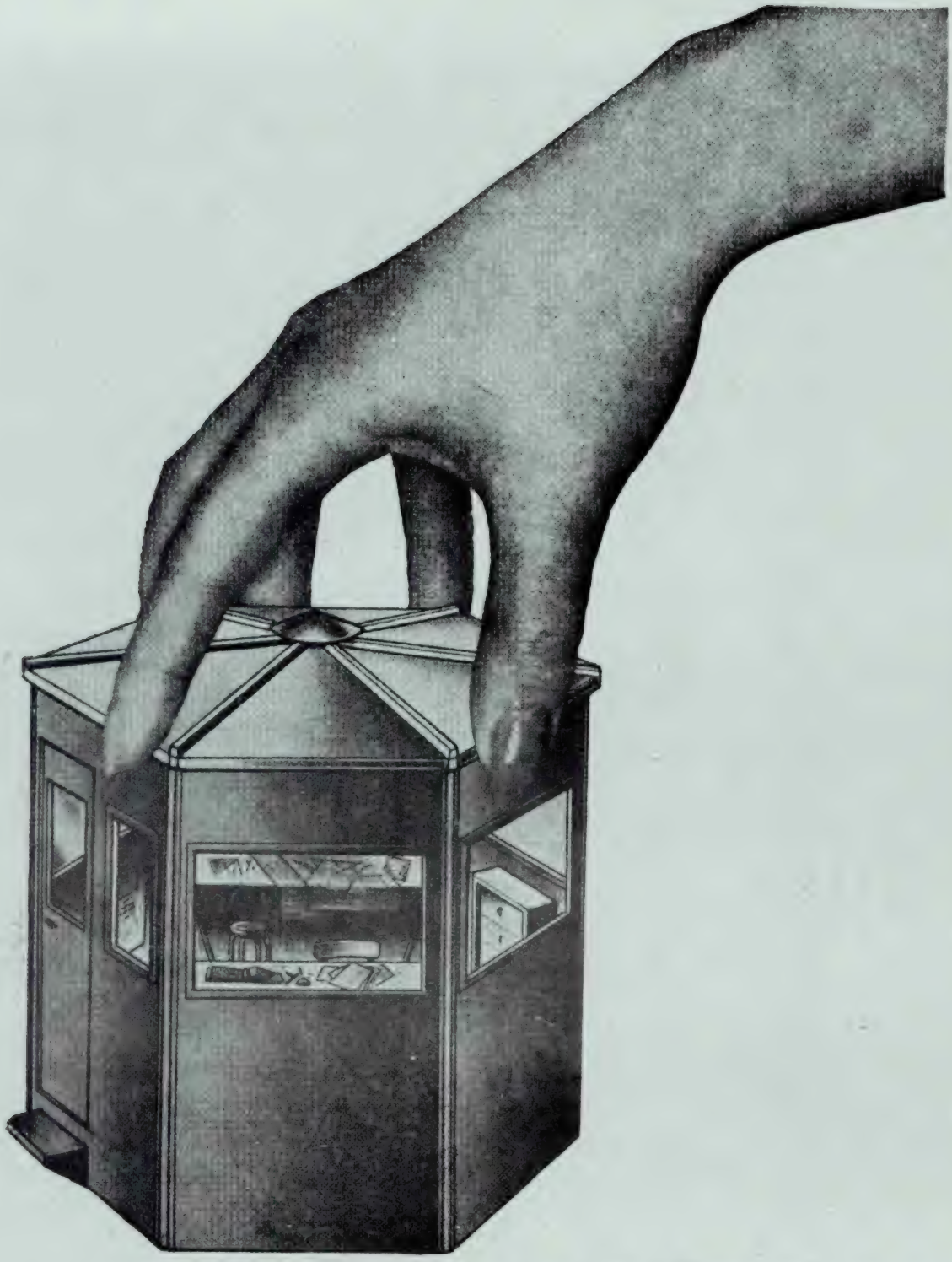
PRISMA - Armaduras para Betão, SARL
Rua D. Luís I, 20 — LISBOA 2
Telef. 67 01 76

TÉCNICA DE HIDRÁULICA
E DE ELECTRICIDADE, LDA.

Grupos moto e electro-bomba
Grupos electro-bomba submersíveis
Grupos de eixo vertical «JOHNSTON»
Contadores para líquidos «LANGE»
Aparelhagem de medida «METRIMPEX»
Motores Eléctricos
Hidro-injectores
Válvulas e torneiras
Manómetros e Vacuómetros «HAENNI»
Rega por aspersão

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Rua do Alecrim, 47-A-B — Rua do Lumiar, 113
Telefs. 32 57 00 - 3 59 66 LISBOA Telef. 79 03 55



ESCRITÓRIOS MÓVEIS "RÉEL"

FABRICA PORTUGAL

RUA FEBO MONIZ, 20 — LISBOA-1

Resumo dos artigos publicados na Técnica n.º 395

Ano XLV — Fevereiro 1970

E. R. de Arantes e Oliveira — C. D. U. 624·04

A análise matricial de estruturas e o método dos elementos finitos

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pág. 219-232.

A formação matricial da análise estrutural veio remediar alguns dos graves inconvenientes que caracterizavam a Teoria das estruturas. Só a Técnica dos elementos finitos iria dar à análise estrutural a generalidade de que carecia. No presente trabalho, concebido para alunos, apresenta-se em primeiro lugar elementos de análise matricial e, seguidamente noções elementares da técnica dos elementos finitos.

J. Sarafana — C. D. U. 663.63 : 620.193 + 620.191

O problema da corrosão e das incrustações nos evaporadores para a dessalga da água do mar

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pág. 241-252.

Na primeira parte deste artigo analisa-se a experiência obtida até agora, no que respeita à corrosão, e procuram indicar-se as melhores soluções.
Na segunda parte trata-se o problema das incrustações descrevendo os métodos existentes para as evitar e finalmente determinam-se as condições para um funcionamento sem incrustações.

H. Duarte-Ramos — C. D. U. 621.315.611

Nova concepção do esquema equivalente de um dieléctrico sólido com cavidades

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pág. 233-239.

Critica-se o esquema equivalente clássico usado no estudo das descargas parciais e elabora-se fisicamente um mecanismo de descarga que conduz ao novo esquema equivalente, o qual permite calcular com exactidão as grandezas características do fenómeno das descargas parciais.

Barradas Leitão — C. D. U. 532.532.001.57

Ensaios em modelo reduzido do fecho do rio Zambeze em Cabora-Bassa

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pág. 253-264.

O rio é fechado por meio de dois maciços de enrocamento que se fazem avançar a partir das margens perpendicularmente à corrente até se encontrarem no eixo do rio. À medida que se processa o fecho, o caudal natural, da ordem dos 2000 m3/s, é desviado por duas galerias, uma em cada margem. Foram consideradas duas soluções alternativas, diferindo entre si pela posição altimétrica das galerias.
Os ensaios hidráulicos mostraram que com uma das soluções de desvio era preciso utilizar blocos com 9 toneladas de peso, enquanto com a outra solução bastavam blocos com cerca de 1 tonelada.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 395

XLV — February 1970

J. Sarafana — U. D. C. 663.63: 620.193 + 620.191

The corrosion and scale problem in the evaporators for sea-water desalination

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pp. 241-252.

The begenning of this paper aims at providing an analysis of corrosion in evaporators and used practice.
The second part looks on the scale formation and prevention in the desalination plant and how to operate without troubles.

E. R. Arantes e Oliveira — U. D. C. 624.04

The matrix formulation of structural Analysis and the finite elements method

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pp. 219-232.

The matrix formulation of structural analysis could obviete to some slions deffects of the Theory of Structures. Only finite element technique would give howeer to structural analysis the generalith which was missing.
In the present paper y made for students, basin notions of matrix analysis and first introduced, followed by a shot description of the finite element method.

Barradas Leitão — U. D. C. 532.532.001.57

Tests in a reduced model of the hidraulic closure in Zambeze river in Cabora-Bassa

Técnica No· 395 — XLV — 2. 1970, pp. 253-264.

The river is closed up by means of two rock dykes which progress from the banks at right angle with the current until they meet at the axis of the river. At the river is being closed, the natural flow of about 2,000 m3/s is diverted through two galleries one on each bank. Two alternative solutions were studied which differ one from the other on account of the elevations at which the galleries were driven.
The hydraulic test showed that for one of the solutions blocks 9 ton in weight are required where as for the other only blocks of about 1 ton will be sufficient.

H. Duarte ramos — U. D. C. 621.315.611

A new design of the equivalent sistem in a solid Dielectric with holes

Técnica No. 395 — XLV — 2. 1970, pp. 233-239.

The classic diagram used in studies of partial discharges in avoid is criticized. A new diagram is proposed, which is based on a phisical mechanism of discharges and which makes possible the accurate calculation of the main characteristics of corona discharges.

BIBLIOGRAFIA

Classificadores responsáveis: Geraldo Fernandes, José Oliveira Paulo, Pedro Martins e Raul Pereira da Costa.

Serão criticadas as obras cujo assunto esteja no âmbito da «Técnica» e de que nos sejam enviados dois exemplares.

As revistas recebidas na Redacção, de que se publica uma selecção de fichas de artigos ordenadas pela Classificação Decimal Universal, podem ser consultadas na Biblioteca da A.E.I.S.T.

LIVROS

C. D. U. 669.28:621.74:669.11

Importance du Molybdene dans les grosses pieces en acier — *P. Henry*

Climax Molybdenum, S. A., Março 1970.

Depois de definir o que considera uma «peça grande», o autor resume as consequências do volume elevado sobre os efeitos metalúrgicos nas diferentes fases dos tratamentos térmicos.

O efeito do molibdénio é analisado em seguida, concretamente sob o ponto de vista da atenuação do efeito de massa mas precisando as suas diferentes acções sobre a matriz, a formação de carburetos e as transformações. Estas considerações introduzem a influência do molibdénio na temperabilidade de peças grandes assim como as transformações no revenido, fragilidade do revenido, temperatura de transição, fluência e outras características. Este efeito é analisado para vários tipos de aços desde os aços de construção até aos aços inoxidáveis e aços de ligas elevadas. Na conclusão expõem-se certos dados físicos e metalúrgicos.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 518.6:532

Intégration numérique des équations de Navier-Stokes dans un domaine carré — *Marcel Bourcier e Claude François.*

La Recherche Aérospatiale, 7-8-69, n.º 131, pág. 23

Propõe-se um método novo para integração das equações de Navier-Stokes baseado na inversão do operador biharmónico por um método das direcções alternadas do tipo Douglas-Rachford. Em cada uma das direcções, a equação diferencial obtida é integrada semi-analiticamente por utilização da expressão analítica da solução fundamental ou «Função de Green» do problema.

A convergência do processo torna-se lenta quando o número de Reynolds aumenta e não foram ainda considerado estudos para número de Reynolds superior a 400.

C. D. U. 532.52

Action d'une variation brusque de pression sur une couche; limite turbulente et aplications aux prises d'air hipersoniques — *J. Délery e B. Masure.*

La Recherche Areospatiale, 3-4-69, n.º 129, pág. 3.

O funcionamento da tomada de ar de um estato-reactor hipersónico ocasiona fenómenos complexos de interacção entre camadas limites, expansões rápidas ou ondas de choque. O presente artigo mostra os resultados essenciais do estudo sistemático do comportamento de uma camada limite turbulenta espessa com gradiantes de pressão elevados criados por uma descontinuidade de parede ou de choque.

C. D. U. 550.8:518

Sobre uma nova axiomática da geostatística — *C. M. Novais Madureira.*

Rev. da Faculdade de Engenharia do Porto, 1-6-69, vol. XXXIV, n.º 1, pág. 51.

Expõe-se um modo novo de encarar no seu conjunto o método geostatístico que facilitará o estudo da sua aplicação em cada caso concreto. Evita-se o recurso à teoria das transformadas de Fourier para facilidade de exposição matemática.

C. D. U. 620.198.199 = 6

Corrosión de recubrimientos de cinc y cadmio efecto de el cromatado — *J. J. Royuela.*

Revista de Metalurgia, 19-10-969, vol. 5, n.º 5, pág. 535-542.

Estuda-se o comportamento de recobrimento de zinco e cádmio à corrosão atmosférica. Comparam-se os resultados com alguns ensaios de corrosão acelerada. Os maiores valores de corrosão atmosférica deram-se em regiões industriais e de grande humidade.

C. D. U. 621.01 : 621.389

Computed aids to mechanical-engineering design — — computer aided design — *E. J. C. Fowell.*

Electronics & Power, 2-969, vol. 15, pág. 56-58.

Apresentação de um programa exemplificativo em linguagem conversacional, para a solução de um problema de índole mecânica. Simultâneamente é anali-

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDÊNCIO

ESCRITÓRIO E OFICINAS R. ALEXANDRE BRAGA, 1-A LISBOA

ARQUITECTURA E ENGENHARIA

CONSTRUÇÕES CIVIS

•

BETÃO ARMADO E PRE-ESFORÇADO

•

CARPINTARIA MECÂNICA

•

TRABALHOS DE PINTURA E ESTUQUES

Telefones:

P. P. C. A. 56 00 51

End. Telegráfico: «CONSTRUÇÃO»

DEPÓSITO DE MATERIAIS:

Estrada de Moscavide, 17-19

Telefone 31 20 00

LISBOA

Endereço no PORTO

Rua Casal do Pedro, 7 (Massarelos (Telefone: 69 1245

TABELAS PARA O CÁLCULO DE BETÃO ARMADO

por

Brazão Farinha e Mexia Heitor

A APARECER BREVEMENTE

PEDIDOS À

técnica

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fabrica igualmente

- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em bequelite e porcelana
- tubo plástico "Polivoli" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE L. BARÃO DE QUINTELA 3-1º LISBOA

FABRICA-CANDAL-VILA NOVA DE GAIA

EC 61·I

Escolha a maneira mais fácil e exacta de desenhar: rotring

rotring

variant

símbolo da maior precisão em desenho: precisão na espessura das linhas, traços de contornos bem definidos, excelente poder de cobertura e traçado rápido e suave.
Fácil manejo: ponteiras prontamente intermutáveis em 10 espessuras de linha.

Grande depósito transparente de tinta. Mudança rápida e limpa da cor da tinta-da-china.
Além disso, o sistema rOtring é versátil: existem compassos rOtring especiais bem como adaptadores a compassos convencionais, há escantilhões de letras e de símbolos, e mais outros acessórios.

Todos os componentes harmonizam-se perfeitamente.
Conheça o sistema rOtring. Ele transformará a sua caneta de tinta-da-china num instrumento universal de desenho.
Peça folhetos ou uma demonstração

rotring *facilita o desenho*

Representante em Portugal: ARTUR WESTHEIMER, LDA. Rua Maria (aos Anjos), 48 r/c — LISBOA

sada, e comparada a utilização do computador como auxiliar do engenheiro-projectista de mecânica e electricidade.

Frisa-se a diferenciação existente e analisa-se sumàriamente o problema de cálculo e projecto, baseados em modelos construídos à escala.

C. D. U. 621.3 : 621 389

Online circuit design — computer aided design — *D. G. W. Ingram.*

Electronics & Power, 2 969, n.º 15, pág. 52-55.

Descrição da utilização de linguagem conversacional num computador como auxiliar do estudo do projecto de um amplificador. É apresentado parte do programa frisando não só o modo operando com as vantagens e restrições.

Cabora-Bassa. História. Prespectivas, justificação. Aspectos económicos-financeiros.
Interesse nacional do empreendimento — *Eng. Manuel Vidigal.*

Electricidade, 1-2-970, n.º 63, pág. 7.

Neste artigo descrevem-se as condições propícias à instalação do complexo empreendimento do Cabora-Bassa, bem como a colocação da produção energética e exportação para países circundantes. Refere-se o contrato efectuado entre o Governo português e a «Electricity Supply Comission» ESCOM. Descreve-se em seguida o esquema da barragem (limitada à Central Sul). Fala-se ainda dos aspectos económicos e do regime de exploração de Cabora-Bassa.

C. D. U. 621.389 : 409

Conversational computing — computer aided design — — *V. H. Fass.*

Electronics & Power, 2-969, vol. 15, pág. 46-51.

O Autor analisa algumas das dificuldades criadas ao engenheiro, pela utilização de linguagens automáticas no uso directo do computador.

Defende a necessidade de utilização de linguagens conversacionais para maior rendimento e produtividade, apresentando a nova linguagem conversacional Telcomp.

Descreve genèricamente as potencialidades e vantagens da Telcomp apresentando algumas instruções e exemplos, com os respectivos tempos, comparando-os com os convencionais.

C. D. U. 621.393.5 (469)

Os modernos cabos submarinos telefónicos nas telecomunicações portuguesas — *Humberto Caldeira Furtado Leite.*

Electricidade, 1-2-970, n.º 63, pág. 21-34.

Este artigo do director técnico da Rádio Marconi relata um pequeno historial dos cabos submarinos em todo o mundo, e os necessários ritmos de lançamento de redes de cabos.

Refere em seguida a comparticipação portuguesa nos diversos sistemas, SAT-1 MAT-1, TAT-5 e sistema Portugal-Inglaterra, esquematizando-se em cada um deles os tipos de cabos e aspectos de frequências, os repetidores e o equipamento terminal.

Descreve-se ainda a estação terminal de Sesimbra relativamente aos sistemas que comporta as instalações produtoras de energia e às condições de trabalho.

C. D. U. 621.438 : 001.1

Ante-projecto duma turbina a gás — *José Carlos Cunha.*

Rev. da Faculdade de Engenharia do Porto, 1-6-969, vol. XXXIV, n.º 1, pág. 3 a 50.

Neste artigo mostram-se as dificuldades que rodeiam o projecto de uma turbina a gás. Em traços gerais estuda-se a definição do ciclo real mediante hipóteses aproximadas das condições práticas, os motivos que levam à escolha do compressor e em especial do seu primeiro andar, o desenho do primeiro andar móvel do compressor e a verificação da correspondente tensão mecânica no pé da alheta, e finalmente o cálculo de turbina.

C. D. U. 621.743 + 621.744

Que papel desempenharão os aditivos da areia na melhoria das peças fundidas do futuro? — *A. Dorfmuller.*

Fundição — Revista A. P. F., n.º 32, 969, pág. 25.

Expõem-se as principais funções dos aditivos da areia nos diversos processos de moldação e machos. O autor apresenta sob a forma de quadros as características dos processos e a importância dos respectivos aditivos.

C. D. U. 621.745.33

Qualidade e economia com fornos de revérbero (chama directa) — *J. Duncan.*

Fundição — Revista A. P. F., n.º 32, 969, pág. 9.

Discute-se a inter-relação entre a qualidade e a economia. Consideram-se aspectos da fusão de metais e comparam-se vários tipos de fornos. Dão-se a descrição de fornos modernos de revérbero e as suas aplicações com destaque especial para um forno recentemente desenvolvido para a fusão de pequenas cargas de ferro.

C. D. U. 622.233.05

Underground mining - muck moves on rubber; newdrius andload - haul units — *P. J. G. du Toit, Leonard P. Colvin, D. W. Gentry.*

World Mining, 25-6-69, vol. 22, n.º 7, pág. 80-88.

O artigo relata o que se está passando no fundo da mina, em que tudo se torna diferente não se conseguindo quase manter actualizado com as novidades.

Refere-se ainda à investigação de várias companhias no domínio da tecnologia de exploração mineira.

C. D. U. 622.235 : 622.24 — 391.4 : 355.11 : 622.355.12 (469)

A utilização do Anfo em explorações a céu aberto — *Mário Diniz Galvão.*

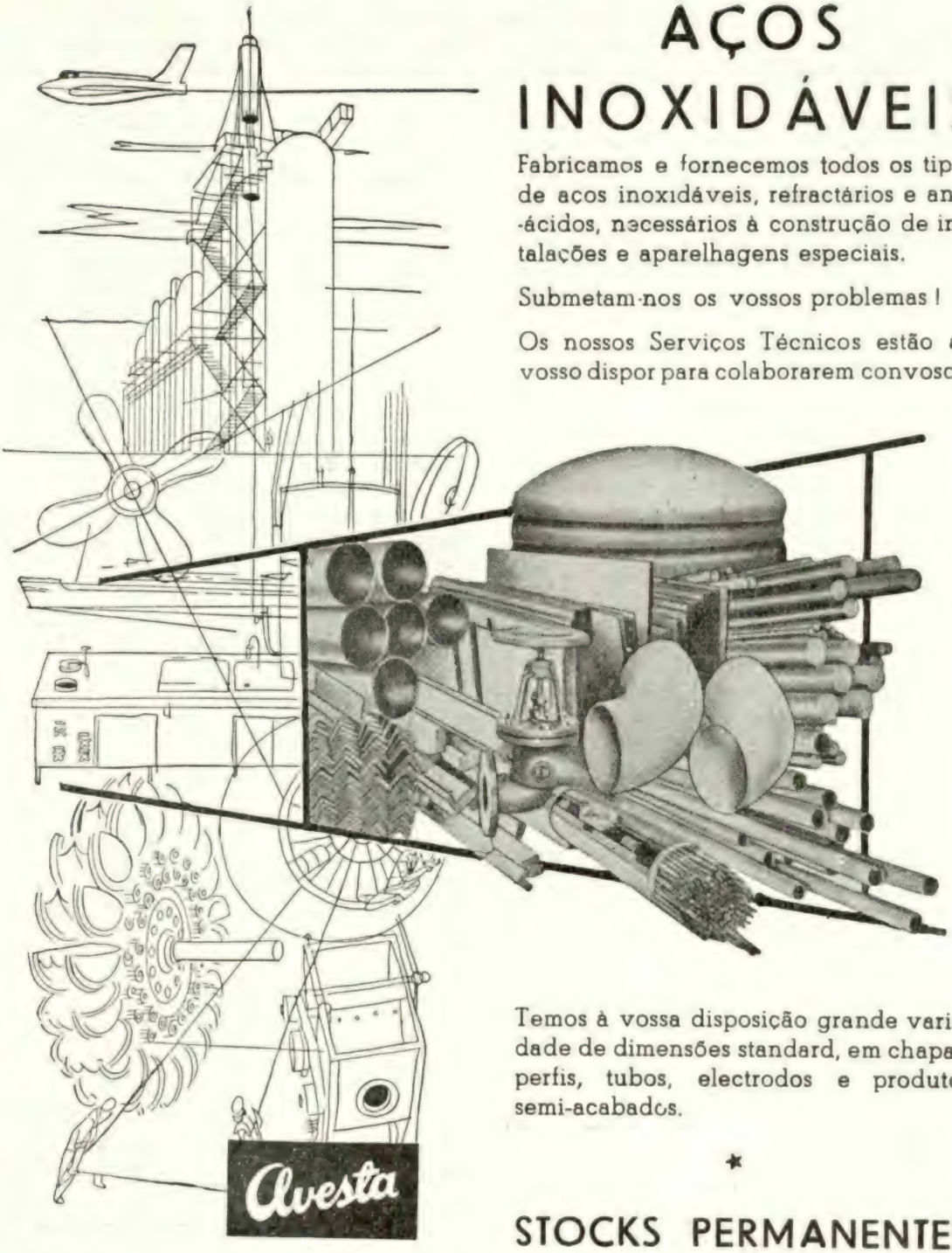
Boletim de Minas, X-XII-68, vol. 5, n.º 4, pág. 239-253.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

O autor, depois de fazer referência à expansão do anfo nos diversos países, descreve as três pedreiras onde realizou ensaios. Relata ensaios com nitrato de amónio que considera pouco animadores.

Apresenta as características do nitrato de amónio granulado, descreve os processos de mistura e carregamento do anfo ensaiados nas citadas pedreiras, fornece algumas características das máquinas utilizáveis nesta ultima operação.

Refere-se ainda aos resultados técnicos e económicos que obteve, concluindo que a utilização do anfo, fabricado a partir do nitrato de amónio granulado conduz a economias em explosivos superiores a 40 °/₀.

C. D. U. 622.24.05

Open Pit Mining... More eletric weel trucks and loaders with new big Diesel and gas turbine fower plants — *Stewart W. Hurlbut.*

World Mining, 25-6-69, vol. 22, n.º 6, pág. 58-65.

O artigo documenta o leitor sobre as novidades no artigo da mecanização das explorações a céu aberto.

C. D. U. 622.7 (71)

Mow utookumpo recovers cobalt.

World Mining, 9-69, vol. 22, n.º 10, pág. 41-63.

O cobalto da Kokkola representa em 1969, cerca de 7 °/₀ da produção mundial. A ideia é converter os metais não ferrosos em sulfatos hidro-solúveis, enquanto o ferro permanece insolúvel.

C. D. U. 622.7. (94)

Mow Australian research proved ways to up-grape the vite concentrates — *A. S. Gaskin.*

World Mining, 9-69 vol. 72, n.º 10, pág. 49.

Sendo a Austrália o maior produtor de ilmonite do mundo, urgia encontrar um processo de aumentar o grau de minério de titânio das areias.

O autor e A. E. Ringwood estudaram novos processos e outros já existentes para aumentar o grau de ilmonite recorrendo ao óxio de ferro.

C. D. U. 622.322. (673.5)

A prosperação, pesquisa e captação de águas subterrâneas superficiais no dislrito de Moçâmedes — *Heitor de Carvalho.*

Boletim Serviços Gegeologia e Minas Angola, I-II-68, n.º 17, pág. 7-60.

O autor começa por descrever, sumàriamente, a geologia da área do distrito de Moçâmedes onde efectuou trabalhos de prospecção para pesquisa e captação de águas.

Faz referência às características climáticas que, conjuntamente com factores de ordem geomorfológica e geotectónica, permitem estabelecer, na região considerada, três zonas, indicando, para cada uma, os tipos de obra mais aconselháveis a executar tendo em vista o abastecimento de água. Seguidamente e a partir dos resultados obtidos, destaca os factores de ordem geológica em conta no que se refere à instalação de pontos de água.

C. D. U. 623.361.2 (469-121)
553.612 (469-121)

Os caulinos da Senhora da Hora — *A. Cabral de Sampaio.*

Boletim de Minas, 7-9-969, vol. 6, n.º 3, pág. 147.

Após uma breve referência aos constituintes principais e acessórios do caulino em bruto, o Autor dá uma ideia geral sobre a formação caulinizada do norte do Porto, suas características morfológicas e esboça uma opinião sobre a sua génese.

Refere seguidamenle os trabalhos de preparação do jazigo e o método de desmonte utilizado; descreve o diagrama de preparação original e a sua evolução com novos processos.

O cálculo, num e noutro caso, do teor de recuperação e as características do produto final obtido permitem tirar conclusões sobre os dois diagramas.

C. D. U. 624.15 : 624.04

Deformabilidade das fundações e sua consideração no cálculo das estruturas — *Guy de Castro.*

Memórias da Ordem dos Engenheiros, 970 vol. 1, n.º EC-1, págs. 55-76.

No presente trabalho apresentam-se as expressões que relacionam os deslocamentos na fase elástica de uma fundação superficial (sapata) ou profunda (estaca) com a solicitação que nela actua, fornecendo-se assim elementos que permitem ao projectista da estrutura fazer hipóteses suficientemente aproximadas de ligação ao terreno. Fornecem-se também tabelas para o dimensionamento de estacas consideradas como elementos estruturais.

Porque os deslocamentos das fundações dependem das características de deformabilidade do solo, dão-se em apêndice, os valores usuais destas características para os solos correntes.

C. D. U. 625.84

Construcción de um pavimento rìgido de carretera de montaña el acceso al Valle de los Caídos — *Alvaro Garcia Meselver, Rafael Sanchez.*

Informes de la Construcción, vol. 216, pág. 37.

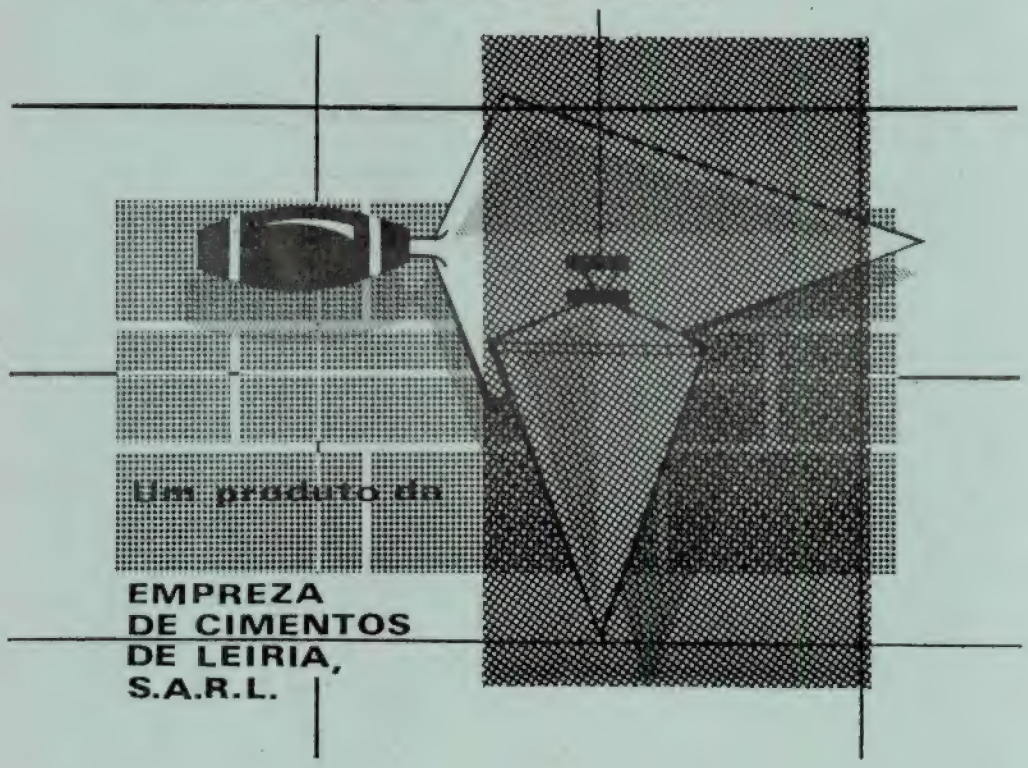
Neste artigo descreve-se a execução do pavimento rígido de betão armado da estrada M-542 ramal da C-600 a Val de Caídos. Escolheu-se o pavimento de betão visto ser especialmente adequado nos casos de estrada de montanha com fortes inclinações submetidas a baixas temperaturas no Inverno e altas no Verão. Faz-se neste trabalho uma definição do projecto, indicam-se os materiais e a sua classificação. Apresentam-se curvas granulométricas dos inertes disponíveis Faz-se uma descrição geral da execução e indicam-se resistências obtidas.

CONTRA A HUMIDADE

CIMENTO

LIZ-N

HIDROFUGADO



TABELAS TECNICAS PARA ENGENHARIA CIVIL

6ª edição revista e actualizada

por J.S. Brazão Farinha

Preço 200$00

MANUAL DE HIDRAULICA

por Armando C. Lencastre

2ª edição revista e actualizada

Preço 240$00

PEDIDOS A "TECNICA"

Desconto de 10% aos nossos assinantes

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki, Ltd.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D
— Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

— **SOMAGUE**
R. Carlos Testa, 1 — Tel. 56 24 81 — Lisboa 1

ESCAVADORAS E TRACTORES

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Av. da República, 42-8.º
— Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.º Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 - 32 02 08

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Centro Técnico Hospitalar — Divisão Zeiss**
Av. da República, 84 — Tels. 77 81 66/7 — Lisboa

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 91 12.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **Isola**
Av. António Augusto de Aguiar, 17
Telef. 53 71 91 — Lisboa

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Avenida da República, 42-8.º
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.º Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146-2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 — 32 02 08

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECANICOS

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE Ld.ª** — Alverca

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Telef. 66 67 10 — Lisboa

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **Construções Elétricas Schréder, Ltd.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **FRAPIL**
Cais de São Roque — Aveiro — Tel. 23071

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65 — Lisboa.

— **Hidrel**
R. do Alecrim, 47-A-B
Tels. 32 57 00 - 3 59 66 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Telef. 68 31 21

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 53 69 21/0 — Lisboa

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto:
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

DISTRIBUIÇAO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

BATERIAS

— **Tudor**
Av. Fontes Pereira de Melo, 12 — Lisboa
Tel. 5 19 47

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 220 — Lisboa — Tel. 68 36 46
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Construções Eléctricas Schréder, Ltd.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Isolux, Lda.**
Largo do Campo Pequeno, 21, 4.º Esq.
Telef. 77 00 30/8/9 — Lisboa
Rua Dr. Alfredo Magalhães, 110, 2.º D.
Telef. 2 07 23 — Porto

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65 — Lisboa.

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86 51/2/3 — Lx.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 65 41 65 — Lisboa.

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **Standard Electrica**
Av. da Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

TELECOMUNICAÇOES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Electrica**
Av. Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Tel. 68 31 21

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **Construções Metalo-Mecânicas Mague, Lda.**
Alverca do Ribatejo

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.
Santa Iria de Azoia

— **Frapil**
Cais de São Roque — Aveiro — Tel. 23071

— **Guedes & Almeida, Lda,**
R. Aurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45 — Lisboa

— **Hidrel**
R. do Alecrim, 47-A-B
Tels. 32 57 00 - 3 59 66 — Lisboa

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Tel. 66 67 10 — Lisboa

Quinzena Técnica de Paris
Rue Daru, 17 — Paris 8º

CORRENTES

— **Auto-Lusitana**
Av. da Liberdade, 73-79 — Lisboa

— **Harker Sumner**
L. do Corpo Santo, 18
Tel. 32 48 23 — Lisboa.

— **S. K. F.**
Rua da Alegria, 66-A — Lisboa
Tel. 36 23 01

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **Mobil Oil**
Rua Horta Seca, 15 — Lisboa
Tel. 3 01 81

— **SETAL — Soc. de Estudos e Tratamento de Águas**
Rua Joaquim António de Aguiar, 73-5.º — Lisboa
Tel. 68 11 83

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

TEXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

TINTAS

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. de 24 de Julho, 52-A-G
Telef. 66 67 16 — Lisboa

LIVROS TÉCNICOS

— **TÉCNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 53 70 15/6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **PRISMA**
R. D. Luis I, 20 Lisboa Tel. 67 01 76

BETÃO

— **Empresa Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa. — Tel. 5 91 61/66.

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **PRISMA**
R. D. Luis I, 20 Lisboa. Tel. 67 01 76

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **AGUIAR E MELO, LDA.**
Praça do Município, 13-1.º — Tel. 32 11 51/2 Lx.

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156—Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3.

MATERIAIS PRÉ ESFORÇADOS

— **Soc. de Pré-fabricação e Obras Gerais Novobra, Ld.ª**
Av. E. U. da América, 100-5.º-E.
Tel. 77 48 32/ 76 64 46 — Lisboa.

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO E ESCOLAR

MATERIAL DE DESENHO E TOPOGRÁFICO

— **Centro Técnico Hospitalar - Divisão Zeiss**
Av. da República, 84 — Lisboa
Tel. 77 81 66/67

— **Rotring**
Representante: Artur Westheimer, Lda.
Rua Maria aos Anjos, 48-r/c. — Lisboa 1

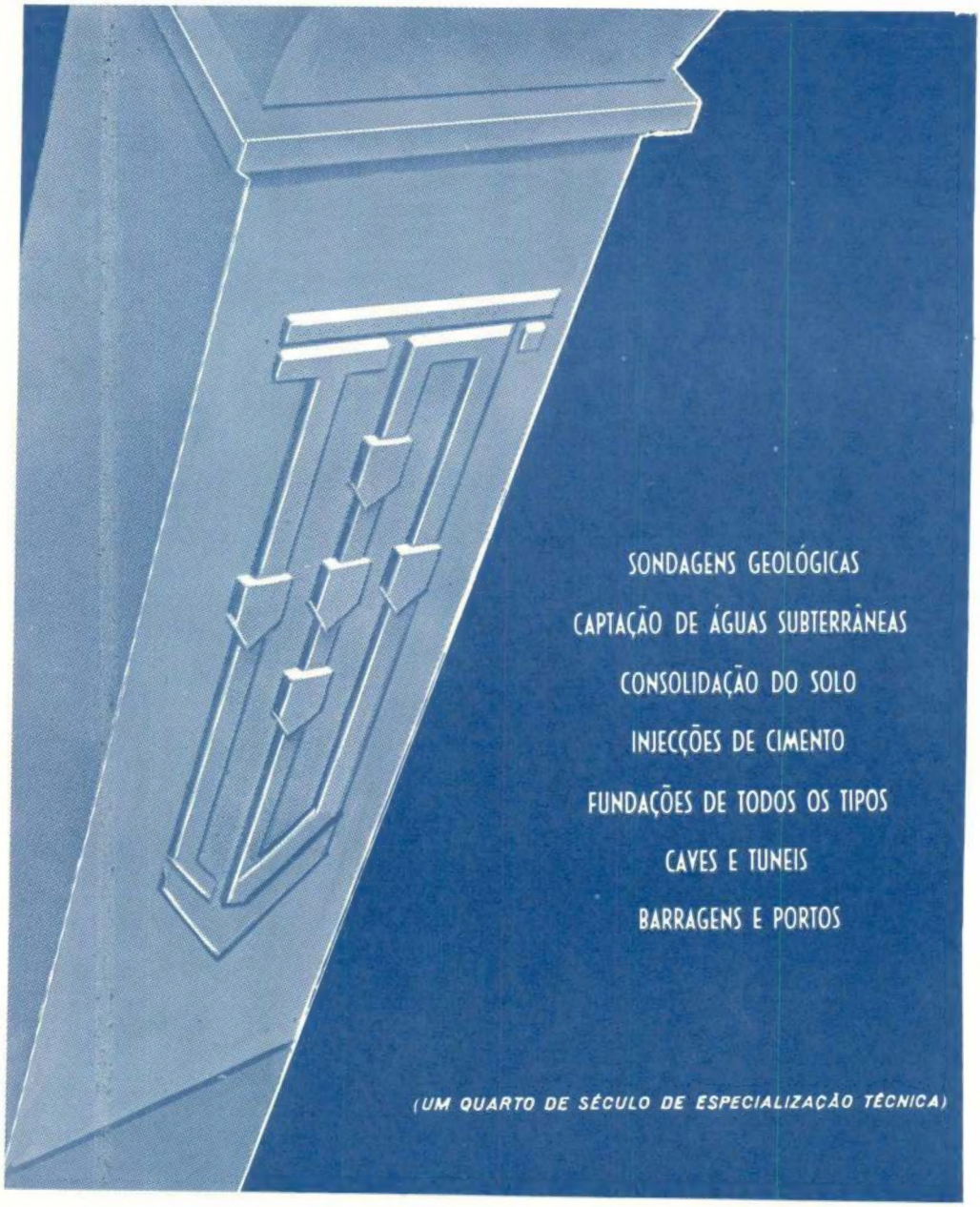
— **Wild Portugal**
Praça das Águas Livres, 8-s/l.
Tel. 98 91 12 — Lisboa.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA



Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

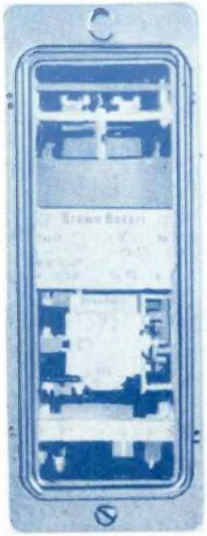
BROWN BOVERI

Sobretensão

Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga termico

Sobrecarga instantâneo



Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.